

V TOMTO SEŠITĚ

Elektronika v ekologii	1
Elektronika v automobilu	
Kvalita reprodukce v automobilu	
proč ne?	3
Cyklová střecha s pamětí	
protahova	26
Přístroj technika	
Jednoduchá mikrovlnná syntéza	
propagace FM	30
Přístroj FM s jednotkou	
jemnější syntéza	37
Družkový tuner s PLL	43
testovací technika	
Kutimír DM 7106	50
Cymmet 7106	54
Univerzální měřicí přístroj	
s obvody MHB 7106	59
Jednoduchý lineární osmárnovač	62
Spotřební elektronika	
Přehled tuzemských výrobců	
spotřební elektroniky	63
Integrované obvody	
OZ a výkonové OZ v ní	
technika	72

Příloha

Praktická elektronika

Vydává MAGNET-PRESS s. p. Adresa redakce: Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. 26 06051-7. Šéfredaktor: ing. Jan Klabal, OK1UKA, I. 354. Redaktoři: ing. P. Engel, ing. J. Kellner - I. 353, ing. A. Myslík, OK1AMY, P. Havlíš, OK1PFM - I. 348; sekretariát: I. 355. Redakční rada: předseda ing. J. T. Hyan, členové: RNDr. V. Brunnhofer, CSc., OK1HAQ, K. Donát, Dr. A. Glanc, OK1GW, P. Horák, Z. Hradský, RNDr. L. Kryška, CSc., ing. J. Kunc, CSc., M. Láb, ing. A. Mil, CSc., V. Němec, A. Skálová, OK1PUP, ing. F. Smolík, OK1ASF, ing. M. Šnajder, CSc., ing. M. Šréd, OK1NL, ing. V. Teska, doc. ing. J. Vackář, CSc. Tiskne NAŠE VOJSKO, s. p. závod 2, 162 00 Praha 6-Ruzyně, Vlastina 889/23. Za původnost a správnost příspěvku ručí autor. Rukopisy odevzdány tiskárně v březnu 1990. Tato příloha má podle plánu vyjít v červenci 1990. Cena jednoho výtisku 10 Kčs.

© Vydavatelství MAGNET-PRESS s. p., Praha

Současný, v mnohých oblastech kritický stav životního prostředí je tvrdou realitou. Soustavné hledání východisek k zamezení jeho zhoršování je proto trvalým úkolem společnosti. Snahy o zlepšování situace především u laické veřejnosti se zaměřují na likvidaci zdrojů znečišťujících blízké i vzdálené okolí. To však v průmyslově rozvinutých zemích, mezi které se řadíme i my, není vždy tak jednoduché, ba často ani možné. Naříditi zrušení daného výrobního podniku, organizace, či odstranění zařízení, které se svou činností podílí na zhoršující se kvalitě vody, vzduchu nebo devastaci okolní přírody, je mnohdy z hlediska celospolečenského neuskutečnitelné. Takový jednostranně orientovaný přístup nebo příkaz může nadělat více škody než užítu. Typickým příkladem je výroba elektrické energie, aneb boj - atomová energie kontra uhlí s vysokým obsahem síry - oba zdroje jsou ve svých důsledcích škodlivé, ale nutné pro zdárnou funkci společnosti.

Nezbytnost produkce výrob, jejichž sekundárním produktem jsou škodliviny, však může být zajištěna i tak, aby tvořila jakýsi více méně uzavřený cyklus uvnitř výrobního objektu bez vnějšího vlivu na okolí. Může se tak stát další využitím odpadních surovin nebo výstavbou čistících zařízení. Účinná opatření proti úniku škodlivin však vždy vyžadují dodatečné náklady prodávající výroby. To je ale většinou v rozporu s přáním výrobce, který se proto snaží minimalizovat tuto investiční činnost. Vzniká tak situace, která opět může vést k úniku (i když v podstatně menším množství) škodlivin. A právě zde vstupují do „hry“ vnější činitelé - ochránci přírody a životního prostředí. Buď jako vládními orgány stanovené instituce, nebo odborně či laicky zvaní amatéři. Aby však mohli úspěšně poukazovat na nízkou účinnost instalovaných čistících a ochranných zařízení, musí mít k dispozici věrohodné údaje pořízené vhodnou měřicí a záznamovou technikou.

Profesionální monitorovací pracoviště, zabývající se vysoce odborným měřením škodlivin v ovzduší, vodních tocích i půdě, mají k dispozici průmyslově vyráběná zařízení a přístroje, většinou však získané dovozem za valuty. Ochránci přírody z řad amatérských nadšenců, lidí, pro které je činnost související s ochranou životního prostředí koníčkem, potřebnou techniku nevládní. Bez ní však lze jen ztěžka dokazovat skutečnou míru devastace a její zavinění konkrétním škůdcem.

Ve většině přístrojů pro indikaci a měření obsahu škodlivin v ovzduší, vodě či půdě se používá elektronických obvodů. Stejně tak jsou i sběrná, vyhodnocovací, registrační a signalizační doplňková zařízení elektronická. Jejich vývoj a konstrukce mohou být proto doménou i amatérů - elektroniků. Vždyť stavby radiopřijímače, či zesilovačů již zdaleka není tak lákavá jako dříve a konstrukce počítačů jsou zase pro většinu „kutílů“ neúměrně složité a finančně náročné. A právě v oblasti měření čistoty životního prostředí a obsahu škodlivých látek v něm, se naskytá nové pole působnosti nejen pro profesionální, ale i pro amatérské vývojáře a konstruktéry. Své zdařilé konstrukce pak mohou využít nejen pro kontrolu kvality prostředí, ve kterém žijí, ale mohou je nabídnout i nám ke zveřejnění v časopise, či vhodnému výrobě.

Je mnoho směrů, kterými se lze při amatérském vývoji měřicích zařízení ubírat. Kromě vlastního měření stupně znečištění

prostřední různými škodlivinami, je nutné i vyhodnocovací a záznamové zařízení. Jsou potřebné i doplňkové obvody signalizace při zvýšené koncentraci škodlivin v místě měření. Neméně důležité je také rozlišení obsahu škodlivin z hlediska plynných a pevných částic, aerosolů a chemických prvků včetně jejich sloučenin. Znalost množství a složení tak může následně vést i k lokalizaci zdroje škodlivin a vznesení důrazného požadavku na omezení těchto emisí.

Průmyslově vyspělé země vyrábějí již mnoho let nepřehlednou škálu indikačních a měřicích přístrojů (viz druhá strana obálky) jejichž údaje jsou vypočetní technikou dále zpracovány a vyhodnoceny. U nás je však vývoj i výroba těchto přístrojů nedostačující. Celou řadu chemických i pevných látek, které se z průmyslových exhalací dostávají do ovzduší či jako splašky, případně odpad, do vody a půdy, neumíme zjišťovat, nebo jen nedostatečně. Příslušné přístroje jsou totiž devizově nedostupné i pro profesionální instituce (zde by mohl náhodný nápad, odvážná myšlenka, účinné napomoci jak k indikaci, tak i lokalizaci a následnému odstranění zdroje znečištění).

V posledních letech je za základní látku znečišťující životní prostředí považován oxid siřičitý (SO_2). Produkují jej všechny spalovny uhlí s vysokým obsahem síry. Oxid siřičitý vytváří se vzdušnou vlhkostí kyselínotvorné sloučeniny, které pak mají velmi zhoubný vliv na vše, kam dopadnou. SO_2 je proto považován za stěžejní indikátor míry chemického znečištění prostředí, především ovzduší.

K indikaci a měření oxidu siřičitého se nejčastěji používá elektrochemického analyzátoru, který je schopen měřit i stopové množství plynných látek v ovzduší. Vlastním měřicím elementem monitoru (analyzátoru) je elektrochemická buňka, ve které probíhá reakce sledované složky ovzduší s absorpčním elektrolytem. Probíhající elektrochemická reakce na povrchu indikačních elektrod s malým elektrickým nábojem, které jsou vloženy do buňky, uzavírá za přítomnosti SO_2 v měřené složce ovzduší proudový okruh. Při dokonalé absorpci a dokonalé účinnosti reakcí v elektrolytu a na elektrodách je protékající elektrický proud úměrný množství sledované znečišťující složky, která reagovala s elektrolytem. Jak předběžná reakce sledované složky vzduchu s elektrolytem, tak elektrodová reakce na povrchu elektrod, probíhají úspěšně pouze za předpokladu dokonalé čistoty elektrolytu a aktivního povrchu elektrod. Selektivními vstupními filtry vzduchu, elektrolytem a materiálem indikačních elektrod je určována reakce na sledovanou chemickou složku v ovzduší, jako např. $NO + NO_2$ (oxidy dusíku), H_2S (sirovodík), O_3 (ozon).

V indikátorech prašnosti jsou pomocí prachových filtrů zjišťovány prachové částice v ovzduší. Složitá a těžko dostupná jsou zařízení na zjišťování různých prvků a jejich sloučenin v ovzduší a vodních tocích. Mezi nejsledovanější prvky, jejichž obsah je vhodné sledovat, patří olovo, měď, zinek, kadmium, dusičnany, uhličitany, ale i různé aerosoly a další látky působící negativně na přírodu i člověka.

Aby bylo možné odpovědně určit procentuální množství měřené látky v daném prostředí, musí být známy i některé meteorologické vlivy, které právě při měření působí. Především je to směr a rychlost větru, teplota a tlak vzduchu a zejména

zvrstvení atmosféry, tzv. inverze. U vody pak objemové množství či průtočnost. Tyto doplňkové informace se ponejvíce sledují klasickými meteorologickými (hydrologickými) přístroji.

Pro monitorování místních rozptylových podmínek umožňující krátkodobou předpověď znečištění ovzduší v dané lokalitě se již řadu let používá (viz Meteorologické zprávy č. 39/86) sodaru, což je akustická obdoba známého radaru. Funkce sodaru využívá skutečnosti, že objem vzduchu, rozptylující akustický impuls, vrací na „anténu“ signál s kmitočtem posunutým proti kmitočtu vysílanému. Jak plyne z Dopplerova principu, velikost a znaménko tohoto posuvu závisí na směru a velikosti radiální složky vektoru rychlosti pohybu rozptylujícího se objemu vzduchu vzhledem k „anténě“ (reproduktor), která vysílá sondážní impuls.

Funkce sodaru vychází z konfigurace tří antén, z nichž dvě vysílají sondující svazek pod určitým úhlem k horizontu, přičemž roviny, v nichž tyto paprsky leží, jsou na sebe kolmé, a třetí anténa je orientovaná vertikálně, můžeme měřit tři složky vektoru rychlosti proudění, jimž jsou naženy rozptylující objemy. Po transformaci do kartézské soustavy souřadnic je možno stanovit obvykle používané veličiny – velikost modulu vektoru rychlosti větru a směr větru. Přepočet dopplerovského posuvu kmitočtu na rychlost a všechny popsané transformace provádí v reálném čase mikropočítač, který současně vzorkuje přijatý signál a vybírá hodnoty, odpovídající jednotlivým výškovým hladinám. Podle nastaveného režimu provozu rovněž provádí výpočet průměrných hodnot za určitý časový úsek.

Dopplerovský sodar umožňuje (jak uvádí zmíněný pramen) faksimilový záznam struk-

tury akustického echa, lokalizaci zádržných vrstev a sledování typu zvrstvení do výšky 1 000 m nad povrchem země. Dále umožňuje měření intenzity rozptýleného signálu a měření složek vektoru rychlosti větru a jejich směrodatných odchylek, směr a rychlost větru do výšky 500 m ve výškových hladinách po 25 metrech. Programové vybavení řídicího mikropočítače umožňuje nastavení celé řady měřicích režimů v závislosti na účelu, pro nějž se měření provádí.

Znalost rozptylových podmínek na větší vzdálenosti od emisního zdroje (rozptýl kroužkových vleček apod.) umožňuje stanovení sondování, tj. letecké a družicové snímkování zemského povrchu a oblačnosti ve viditelném či infračerveném spektru. Je to velmi progresivní a značně rozsáhlý obor činnosti.

Při výskytu inverzních vrstev v atmosféře lze také odvodit rozptylové podmínky z šíření velmi krátkých vln. Zjišťuje se při tom chování signálu mezi vysílačem a přijímačem. Vysílač je umístěn u zdroje emisí, přijímač za sledovanou, několik desítek km vzdálenou oblastí. Pokud jsou rozptylové podmínky dobré, tj. inverze se nevytváří, pak je na anténě přijímače signál velmi slabý, daný jen rozptylem v atmosféře. Při mohutné turbulentci (víření vzduchu) je rozptýl značný a také intenzita signálu vykazuje velmi rychlé změny. Na vznik inverze v oblasti mezi vysílačem a přijímačem ukazuje prudký nárůst vysoce stabilního signálu na přijímací anténě. Je to situace, která ukazuje na velmi špatné rozptylové podmínky. Lze z ní odvodit, že veškerá produkce škodlivin padá do oblasti blízkého okolí producenta. Odpomoci mohou jen vysoké komíny a značná teplota spalín, aby jedovaté zplodiny prora-

zily inverzi a byly odneseny do vzdálených hor a lesů. Znečišťovatelé tak sice ještě mohou dýchat, ale lesy umírají. Metoda indikace šíření VKV se doposud příliš neuplatňuje i přesto, že by pro některé lokality mohla dávat velmi užitečnou informaci o nutnosti včas snížit produkci škodlivin do ovzduší.

Znečištění vodních toků se doposud většinou „měří“ úhynem ryb. Je to poněkud drastická metoda, která navíc odhaluje míru znečištění až v smrtelné koncentraci. Také původce této bezohlednosti se obvykle obtížně zjišťuje. V účinné ochraně vodních toků, zjišťování PH, ale i obsahu tuků, saponátů a dalších látek nepatřících do vody, je třeba mnohé udělat. I zde je ještě pole působnosti pro vývoj vhodné a cenově únosné měřicí a signalizační techniky.

Existuje ještě celá řada dalších objektů souvisejících s měřením obsahu škodlivin v životním prostředí. Jsou to např. zemědělské plodiny, přesněji určování obsahu škodlivých látek v potravinách, jedovatost výfukových plynů a mnohé další, na které se zájemci o vývoj a konstrukci nové generace měřicí techniky mohou zaměřit.

K indikaci a měření obsahu škodlivých látek v libovolném objektu pozorování nerozlučně patří i registrace a vyhodnocování jejich skutečného vlivu. Zde již nastoupila výpočetní technika a s ní spojená tvorba vhodných programů, kdy řada komponentů působících jak společně, tak i proti sobě může jako výsledná hodnota ukazovat na skutečnou míru nebezpečnosti působení lidské činnosti na společnost i přírodu. Avšak i zde je ještě třeba hodně udělat, aby kvalita našeho životního prostředí mohla být nejprve odpovědně měřena a následně i chráněna.

Barevné zobrazovače LCD sériové

Sériovou výrobou barevných velkoformátových zobrazovačů z kapalných krystalů se bude zabývat nově vzniklý japonský podnik Display Technologies Inc., na jehož založení se podílí japonské podniky Toshiba Corp. a IBM Japan Ltd. Oba jmenované podniky společně pracují již od srpna 1986 na vývoji velkoplošných barevných zobrazovačů z kapalných krystalů na bázi technologie tenkovrstvových tranzistorů (TFT). Vývoj prvního barevného zobrazovače s úhlopříčkou 355 mm a vysokým rozlišením byl ukončen v srpnu 1988. Firma Display Technologies, na níž se oba jmenované podniky podílejí stejným dílem, disponuje počátečním kapitálem jedné miliardy jenů (asi 14 milionů DM). Zdá se však, že sériová výroba nebude jednoduchá, neboť s jejím zahájením se počítá až v dubnu 1991.

Elektronik Praxis 1989, č. 21

SŽ

Tranzistor InGaAs se šířkou pásma 165 GHz

První vzorek tranzistoru s „horkými“ elektrony, který má při pokojové teplotě šířku pásma až 165 GHz, oslavil své narozeniny ve výzkumných laboratořích AT + T Bell Laboratories, Murray Hill. Jeho tvůrci jsou výzkumní pracovníci Anthony F. J. Levi, Young-Kai Chen, Richard N. Nottenburg a Marton B. Panisch. Nový tranzistor svými vlastnostmi překonává o pětinašobek stejné

kritérium dosud nejrychlejšího křemíkového bipolárního tranzistoru.

Tranzistor z indiumgalliumarzenidu (InGaAs) je vyroben na substrátu z indiumfosfidu, jeho energetický odstup (band-gap) mezi valenčním pásmem je při pokojové teplotě jen 0,8 eV (pro srovnání: u galliumarzenidu činí 1,4 eV). Ke změně mezi vodivým a nevodivým stavem vyžadují tranzistory z InGaAs méně energie. Mimoto efektivní hmota jejich elektronů ve vodivém pásmu je menší než u polovodičových materiálů se širším odstupem pásem, proto mohou rychleji „prolétávat“ a méně se rozptylovat. Balistické elektrony se pohybují rychlostí průměrně 400 km/s krystalovou mřížkou.

Pro funkci tranzistoru s „horkými“ elektrony je podle dnešních měřítek podstatné nezvykle silné dotování vrstev kolektoru (má vodivost N), emitoru (N) a báze (P). Vrstva báze obsahuje např. asi 10^{20} cizích atomů v cm^3 hmoty. Těto vysoké úrovně dotování je možné dosáhnout pouze přesně směřovaným dalším vývojem molekulární svazkové epitaxy (MBE), která není potřebná, jestliže se během dospívání krystal rozzhívá na 500 °C (jinak se zpracovává při teplotě menší než 400 °C).

SŽ

Pronic (NSR) 1989, č. 7

Poptávka po družicových anténách

Skoro jako v počátcích televize je současná poptávka po střechních parabolických anténách pro příjem družicové televize v evropských zemích. Firma Sihm, která patří

k velkým výrobcům antén v NSR, přitom mezi jiným zdůrazňuje, že soukromé programy z družic (SAT-1 a RTL-plus) je možné v některých místech přijímat s normální anténou.

Rodinný podnik Sihm podporuje rozvoj družicové televize zaváděním kabelových rozvodů a rozdělováním televizních signálů do domácností. Poptávka po kabelové televizi i individuálních družicových anténách přispěla ke zvýšení obrátu firmy Sihm o 30 %, který tak převýšil plánovaný objem na 170 milionů DM. Ani rozšířením výroby a zvětšením počtu zaměstnanců asi o 200 na celkový počet 1 250 pracovníků nestačí Sihm pokrýt poptávku po anténách a zařízeních pro příjem družicové televize. V NSR zaměstnává Sihm více než 1 000 pracovníků, další výrobní provozy ve Francii a Hongkongu na 250 pracovníků. Se zvýšením výroby se zvýšil zisk firmy. V roce 1989 obrát dosáhl 190 milionů DM.

TZ

Elektro-Anzeiger 1989, č. 8

UPOZORŇUJEME VÁS,
že v prosinci 1990
vyjde ještě další
Konstrukční příloha AR.

ELEKTRONIKA V AUTOMOBILU

Kvalitní reprodukce v automobilu – proč ne?

Pavel Dudek

Vysoce věrná reprodukce hudby patří neodmyslitelně k životnímu standardu konce dvacátého století. Protože přístroji pro domácí poslech je zahraniční trh již dlouhodobě nasycen (oživení přineslo až zavedení digitálních gramofonů), výrobci zaměřili svoji pozornost na reprodukci hudby v automobilu. Pomíneme-li ryze komerční hlediska jejich zájmu, lze tuto snahu hodnotit jen kladně. Dnešní průměrný člověk stráví v automobilu i několik hodin denně (nemluvě o profesionálních řidičích) a kvalitně reprodukováná hudba bezesporu pomáhá zlepšovat jízdní komfort. Námítky byly vzneseny pouze ze strany lékařů, ale ty se týkaly jen přílišné hlasitosti, kterou moderní automobilová zařízení umožňují. Stejně obavy byly již dříve uváděny ve spojitosti s reprodukcí v bytových podmínkách, protože však hlasitost v obou případech závisí na naší vlastní vůli, lze podobné námítky považovat za bezpředmětné.

Světový trh je proto nyní doslova zaplaven pro nás neuvěřitelným sortimentem přístrojů a dá se říci, že kromě analogových gramofonů, jejichž aplikace v automobilu je nesignifikantní, má každý „domácí“ komponent svůj automobilový ekvivalent, včetně magnetofonu RDAT.

Naši automobilisté se velké hlasitosti obávat nemusí. Přístroje nabízené našimi prodejními organizacemi mají většinou výkon kolem 2×3 W (sinus), a proto příliš hluku nenadělají. Je ovšem nutné upozornit, že i ony mohou škodit. Mám tím na mysli psychickou únavu, nutně se dostavující po dostatečně dlouhé době, během níž jsme byli vystaveni jejich působení. Tento činitel, na rozdíl od hlasitosti, ovlivnit nelze, protože je dán kvalitou zařízení. Hudba se line z miniaturních reproduktorů, o nichž výrobci decentně zamlčují, že byly původně vyvinuty pro zcela jiné účely a vcelku se tedy od nich nemá příliš očekávat. Reprodukce, buzené autorádiem či přehrávačem, s výstupním výkonem 2×3 W poskytují výslednou reprodukci, kterou je možno popsat oním známým „basy neumím, výšky také ne, zato středy zkreslené“. Připočteme-li do nepříznivých faktorů i poměrně vysokou vnitřní hluchost našeho průměrného automobilu a reprodukci přehrávače pracujícího kolem oblasti limitace, vychází výsledná „pohoda“ poslechu vskutku oříšná. Protože naprostá většina našich automobilů je vybavena zařízením na přibližně podobné úrovni, je i většina přesvědčena, že v automobilu „to nikdy dobře hrát nebude, že to tak stačí a snažit se o něco lepšího nemá cenu“. Že se ovšem mýlí, dokazuje světový sortiment výrobků, o nichž se dále zmiňuji. Následujícími stavebními návody bych chtěl proto alespoň trochu „povznést obecné povědomí“ v této oblasti a současně dokázat, že i s naší součástkovou základnou se dají vyrobit přístroje, které si ve svých parametrech v ničem nezadají se špičkovými výrobky tohoto oboru.

Hlavním omezujícím činitelem kvalitní reprodukce v automobilu je malý vnitřní objem interiéru, v menší míře pak i relativně vysoká hladina hluku pozadí, což se projeví tak, že pro subjektivně stejný pocit z poslechu musíme hrát hlasitěji než v domácím prostředí. Vyšší hlasitosti lze dosáhnout dvěma způsoby. Bud' použijeme účinnější reproduktory

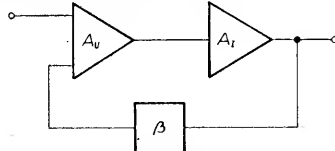
a slabší zesilovač, nebo reproduktory méně účinné a zesilovač výkonnější. Zdánlivě snažší je první varianta, která ale má v případě, kdy chceme reprodukcii kvalitní, jeden základní nedostatek. Účinné hlubkové reproduktory nejsou totiž zpravidla konstruovány s poddajným závěsem, mají proto velké rozměry a pro jejich správnou funkci je nezbytně nutná velká ozvučnice, kterou samozřejmě nelze do automobilu umístit. Musíme proto volit variantu druhou, která je díky moderní součástkové základně mnohem snáze realizovatelná.

Návrh výkonového zesilovače do automobilu

Obecně platí, že výstupní napětí, případně výkon libovolného zesilovače je úměrný napájecímu napětí. V osobním automobilu, kde napětí palubní sítě kolísá mezi 12 V (při zastaveném motoru) a přibližně 13,5 až 15 V při chodu motoru, je maximální dosažitelné efektivní výstupní napětí asi 5,3 V (při $U_{bat} = 15$ V). Tato hodnota platí pro ideální zesilovač a je dána vztahem:

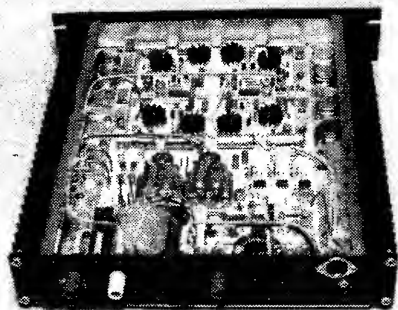
$$U_{et, max.} = U_{bat} / (2 \cdot \sqrt{2})$$

V reálném výkonovém zesilovači je maximální napětí vždy menší, neboť zde záleží na vlastním obvodovém řešení a na vlastnostech použitých součástek.

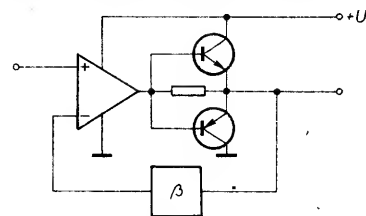


Obr. 1. Blokové schéma

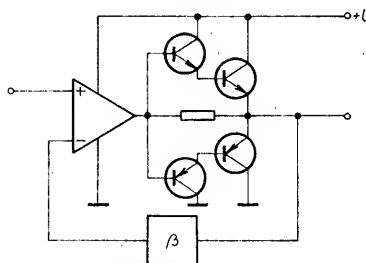
Výkonový zesilovač má obvykle blokovo schéma, které je na obr. 1. První stupeň je řešen jako napěťový zesilovač, druhý stupeň jako zesilovač proudu. Oba stupně jsou svázány zpětnou vazbou. Napěťovým zesilovačem se zabývat nebudeme (předpokládáme jeho ideální vlastnosti) a zaměříme se na zapojení výstupního obvodu. Nejjednodušší zapojení je na obr. 2. Napěťové zesílení výstupního obvodu je v tomto případě menší než jedna. Maximální výstupní napětí na zesilovače bude menší o úbytek napětí na



přechodech BE výstupních tranzistorů, neboli jinak řečeno, pro úplné otevření koncových tranzistorů by musel být napěťový zesilovač napájen napětím větším o tento úbytek, což v případě automobilového zesilovače nelze jednoduše realizovat. Výstupní tranzistory nejsou ideální (jejich zesilovací činitel není příliš velký), musíme jim proto předřadit ještě tranzistory budičí, neboť napěťový stupeň není zpravidla schopen potřebný budič proud dodat (obr. 3). Dosažitelné výstupní napětí je proto menší o úbytek na čtyřech přechodech BE.



Obr. 2. Nejjednodušší zapojení výstupního obvodu

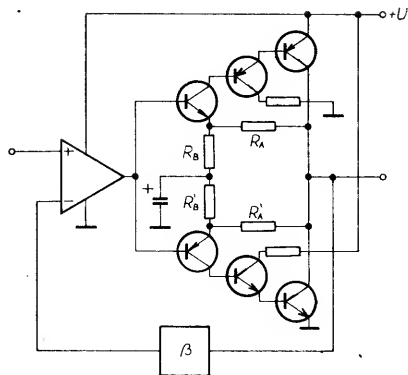


Obr. 3. Zapojení s budičimi tranzistory

Z obou příkladů vyplývá, že v zařízeních, kde máme k dispozici malé napájecí napětí, není řešení výstupního obvodu s jednotkovým napěťovým zesílením příliš vhodné. Východiskem je zapojení, kde výstupní obvod zesiluje nejen proudově, ale i napěťově (obr. 4).

Napěťové zesílení výstupního obvodu je přibližně dáno poměrem odporu rezistorů RA a RB, případně RA' a RB'; z důvodu stability celého zesilovače není vhodné volit je příliš velké.

V reálném zesilovači je výstupní napětí dále zmenšováno saturačními úbytky v koncových tranzistorech a i nedokonalostí napěťového stupně. Podle obr. 3 je zapojena naprostá většina integrovaných výkonových zesilovačů (kvazikomplementární verze tohoto zapojení). Výstupní napětí bývá v tomto případě 3 až 3,5 V. Nejlepší výsledky 4,8 až 5 V dává zapojení podle obr. 4. Výstupní výkony jsou proto asi 4 W pro zesilovač podle obr. 2, 3 až 3,5 W pro obr. 3 a 5,5 až 6 W pro obr. 4 (platí pro zátěž 4 Ω a napájení 15 V).



Obr. 4. Výstupní obvod s proudovým i napěťovým zesílením

Možnosti dalšího zvětšení výkonu

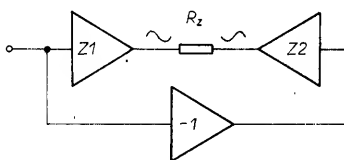
Uvedené velikosti výstupních napětí platí pro sinusový signál o definovaném zkreslení maximálně 1 až 3 %, osciloskopem prakticky nerozeznatelným. Různí nesolidní výrobci raději parametr výkon versus zkreslení vůbec neuvádějí, což jim potom umožňuje vydávat zesilovač, jemuž naměříme výstupní výkon 3,5 W za přístroj s výkonem větším než 20 W na kanál – pravda je ovšem ta, že signál má v tomto případě tvar více či méně precizního obdélníku, neboli zkreslení asi 50 %! Dále si je třeba uvědomit, že při běžném zapojení zesilovače napájeného z autobaterie je nesmyslný termín hudební („peak“ nebo „music“) výkon. Výkon takto uváděný má opodstatněnou definici u zesilovače napájeného ze sítě, u něhož napětí zdroje díky buzení zesilovače hudebním signálem silně kolísá. Při krátkodobé špičce může být opravdu výstupní výkon až dvojnásobný oproti výkonu jmenovitému, neboť zdrojové kondenzátory jsou nabity na plné napětí. Palubní síť automobilu je oproti tomu velmi „tvrdá“ a kromě poruchy regulace dobíjení se napětí větší než 15 V nikdy neobjeví. Protože výrobci uvádějí výstupní výkon zpravidla při vyšším napětí (při chodu motoru), je jasné, že „hudební“ výkon při jmenovitém zkreslení není možný. Tento údaj lze uvádět jen u vysoce výkonových ze-

silovačů, které jsou vybaveny měniči napětí a jsou tedy obdobou síťově napájených zesilovačů. Zesilovače takto řešené ale mají zpravidla výkon větší jak 30 W na kanál. Uvádí-li proto výrobce výkon např. 4 W sinus/10 W hudební, je to evidentní podvod, využívající neznalosti kupujícího. Nutno ovšem poznamenat, že takto se prezentují pouze výrobci nízké a nejnižší kategorie – solidní světové firmy si něco podobného nedovolí. Bohužel většina našich automobilů je „vyzbrojena“ výrobci prvně jmenovanými.

Výstupní výkon asi 3 W na kanál je ve spojení s málo účinnými reproduktory zcela nedostačující. Tento neodiskutovatelný fakt obcházejí výrobci dodáním reproduktorů s poněkud vyšší účinností, které mají ovšem zpravidla velmi špatný zvuk. Tato kategorie tvoří bohužel u nás jakýsi standard. Někdo sice možná zkusí takový reproduktor nahradit naším typem, je zpravidla zklamán a ve svém názoru utvrzen. Cesta ke kvalitní reprodukci vede proto pouze přes zvětšení výstupního výkonu zesilovače, který potom zapojíme na „slušné“, ale méně účinné reproduktory.

Výkonu většího než asi 5 W/4 Ω, který je hranicí pro klasické zapojení, je možno dosáhnout čtyřmi způsoby. Prvním z nich je snížení zatěžovací impedance zesilovače. Podmínkou je buď speciální reproduktor nebo spojení několika běžných reproduktorů paralelně. Obojí v podstatě nepřipadá v úvahu, proto tento způsob také nikdo nepoužívá.

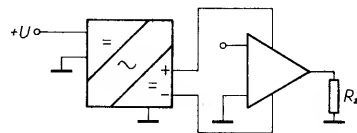
Druhou možností (která je modifikací varianty první) je použití výstupní transformátor s převodem „nahoru“. Předpokladem jsou samozřejmě velmi kvalitní magnetické materiály, ale i tak vycházejí rozměry přístroje značně, takže tento princip je používán velmi zřídka. V našich podmínkách je nereálný.



Obr. 5. Můstkové zapojení zesilovačů

Další možností je použití dvou zesilovačů zapojených v tzv. můstku (obr. 5); zesilo-

vače jsou identické, jeden je buzen signálem přímým, druhý signálem otočeným o 180°. Zátěž je zapojena mezi výstupy obou zesilovačů. Na zátěži je dvojnásobný rozkmit napětí, je proto do ní odevzdáván čtyřnásobný výkon. Dosažitelný výkon při napájecím napětí 15 V je v tomto uspořádání asi 10 W/4 Ω při použití integrovaných zesilovačů nebo více než 20 W/4 Ω (35 W/2 Ω), použijeme-li zapojení podle obr. 4.

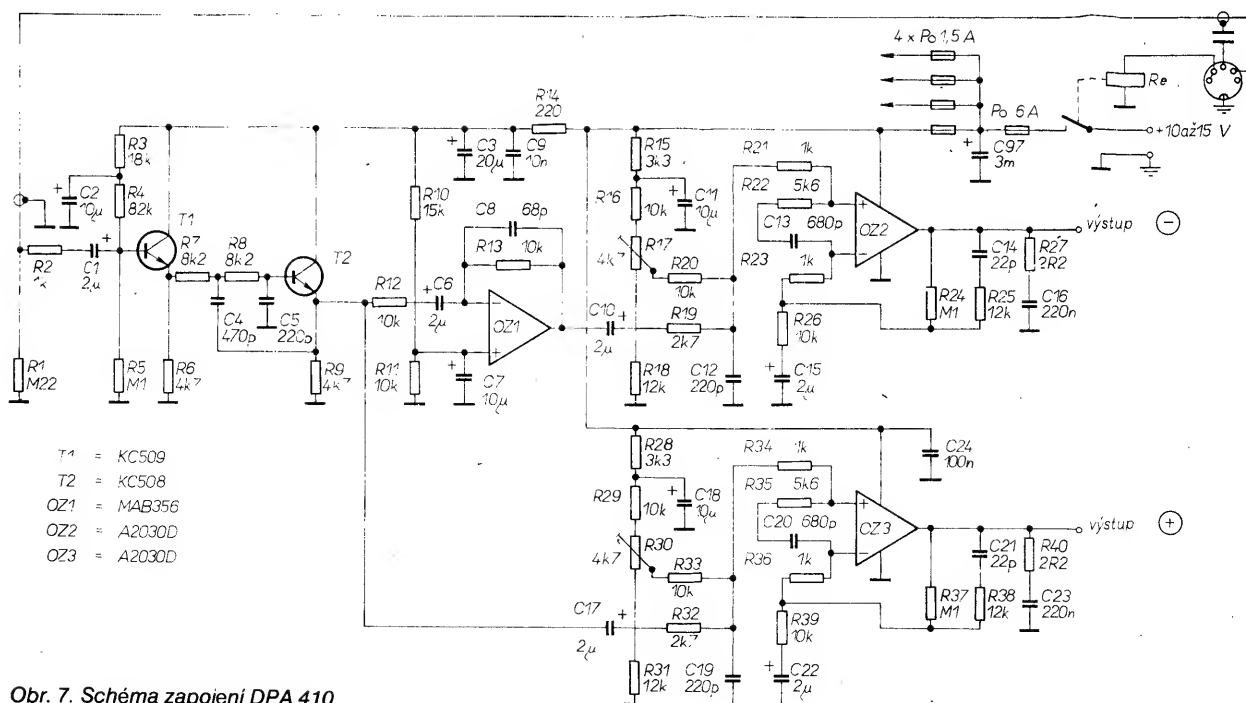


Obr. 6. Zapojení zesilovače s měničem

Čtvrtá varianta používá měniče napětí (obr. 6). Tento způsob je používán u zesilovačů s výstupním výkonem větším než 30 W na kanál.

Závěrem bych chtěl předejít případným námitkám menším přehledem světového sortimentu. Po prolístování několika ročníků časopisu STEREO REVIEW, které obsahovaly i speciální čísla věnovaná pouze problematice automobilových zařízení, mám následující poznatky: U vlastních přehrávačů je standardem výstupní výkon 10 W/4 Ω na kanál (digitální stupnice je samozřejmostí), značná část z nich má výkon 20 W/kanál. Samostatné výkonové zesilovače – standardem je 50 W/kanál, doporučován je výkon až 100 W/kanál. Najdou se nicméně i typy, mající výkon 900 W/kanál, což ovšem autor článku ve zmíněném časopise správně komentoval jako „zařízení pro postadolescenty, kteří si v automobilu chtějí simulovat Armagedonskou bitvu“. Koncových zesilovačů od výkonu 2 × 15 W až po oněch 2 × 900 W bylo v roce 1987 nabízeno 230 typů – přehrávače jsem nepočítal, těch bylo minimálně dvakrát tolik.

Jsem si skoro jist, že u nás se podobnými přístroji nikdo hlouběji nezabýval a široká čtenářská veřejnost přijme proto návody kladně. Všechny zesilovače byly postaveny v několika exemplářích pro ověření reprodukovatelnosti, mechanická konstrukce je jednoduchá a v amatérských podmínkách snadno vyrobitelná. Přístroje mají stejné



Obr. 7. Schéma zapojení DPA 410

základní rozměry, lze je proto snadno mechanicky spojit. S elektronickou výhybkou lze z uvedených zesilovačů postavit aparaturu o výkonu až $2 \times 150 \text{ W}$, což opravdu musí stačit i těm „nejfanatičtějším hifistům“. Všechny přístroje byly vystavovány na výstavbě ERA '88, kde získaly zlatou visačku.

DPA 410 (obr. 7)

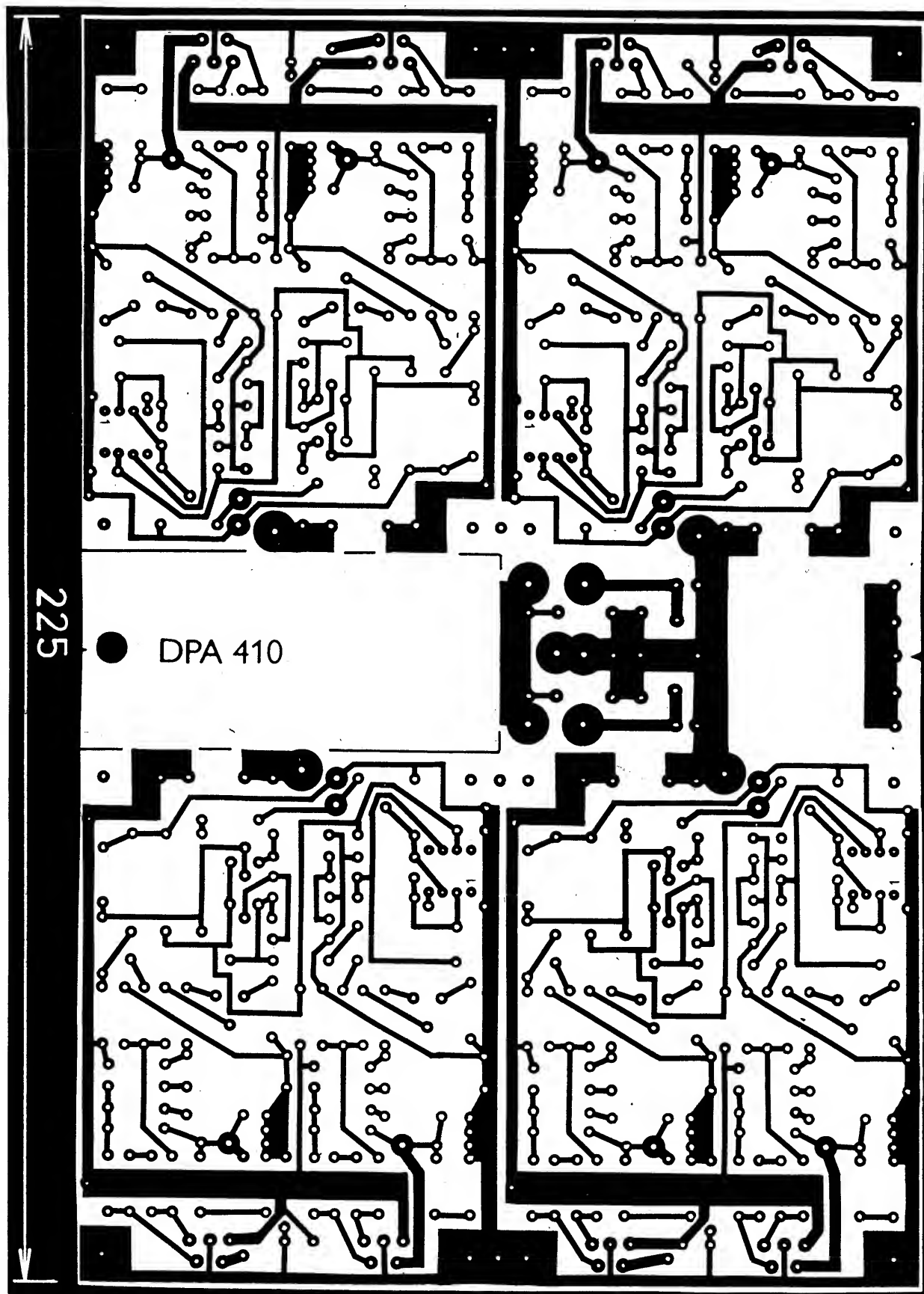
Výstupní výkon: $4 \times 10 \text{ W} - 4 \Omega$ ($U_{\text{bat.}} = 15 \text{ V}$).
 Kmitočtová charakteristika: 20 Hz až 40 kHz
 (-3 dB).
 Zkreslení: $< 0,2\%$ (9 W, 4 Ω).
 Odstup: $> 90 \text{ dB}$.

Zesílení: 22.

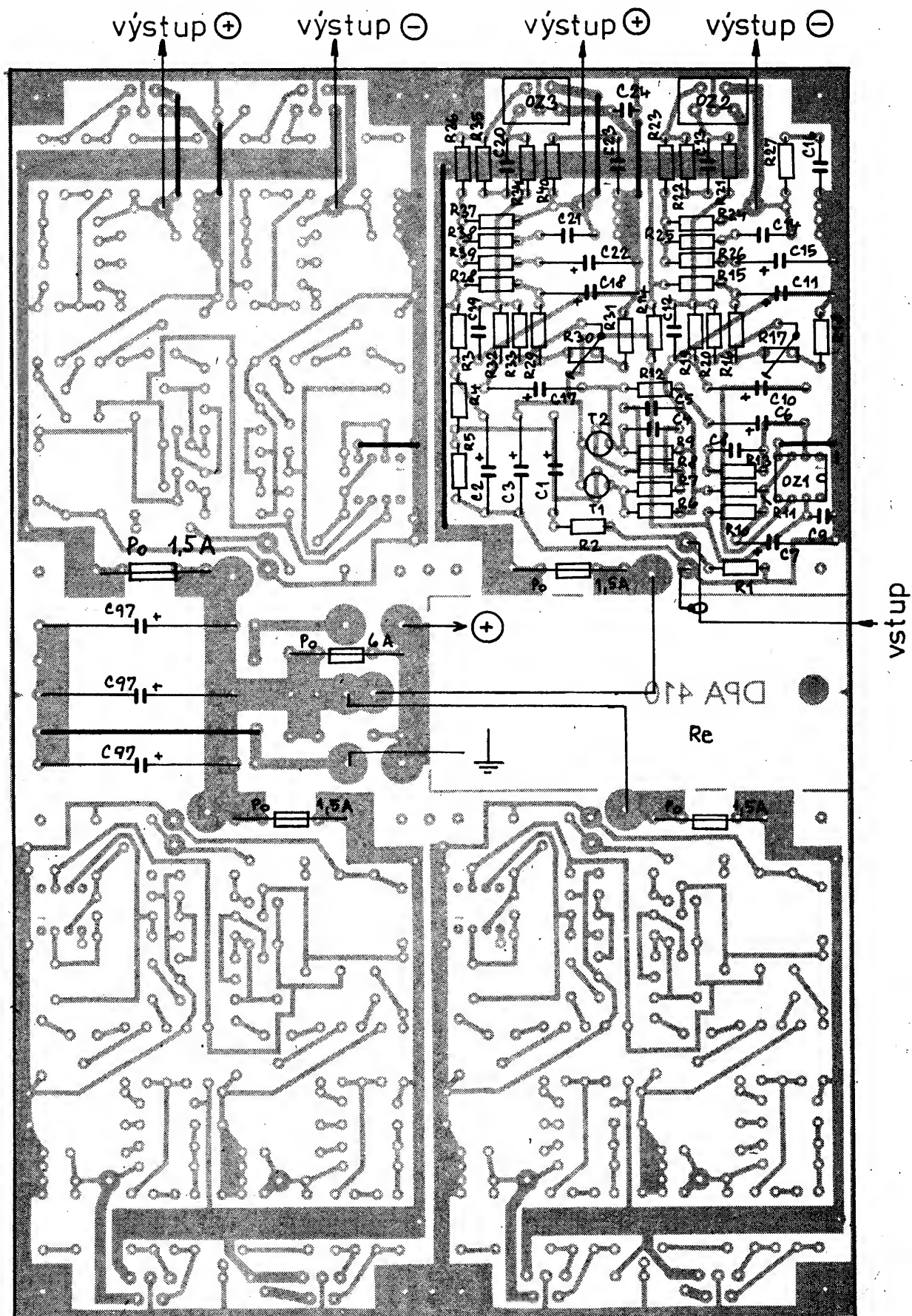
Citlivost: 300 mV.

Polovodiče: 12 IO, 8 tranzistorů.

Nejjednodušším přístrojem této řady, jehož stavbu lze doporučit i začátečníkům, je zesilovač $4 \times 10 \text{ W}$. Proč je zesilovač řešen jako čtyřkanalový popíši dále; lze jej ovšem postavit i ve dvoukanalové verzi –



Obr. 8. Deska Y301 s plošnými spoji DPA 410 (rozmístění součástek je nakresleno pouze pro jeden kanál; spojky – drát o $\varnothing 0,5 \text{ mm}$)



Seznam součástek (DPA 410)

(pro jeden kanál – součástky ostatních kanálů
značeny stovkovými indexy)

Rezistory (TR 151, TR 191, TR 212)

R1 220 kΩ

R2 1 kΩ

R3 18 kΩ

R4 82 kΩ

R5 100 kΩ

R6 4,7 kΩ

R7, R8 8,2 kΩ

R9 4,7 kΩ

R10 15 kΩ

R11, R16, R20 10 kΩ

R12, R13, R26 10 kΩ, 2 % viz text

R14 220 Ω

R15 3,3 kΩ

R17 4,7 až 10 kΩ, TP 110, 011

R18 12 kΩ

R19 2,7 kΩ

R21, R23 1 kΩ

R22 5,6 kΩ

R24 100 kΩ, 2 % viz text

deska s plošnými spoji (obr. 8) je navržena tak, že je možno ji rozříznout na polovinu (zesilovač 2×10 W) nebo i na čtvrtinu (zesilovač 10 W).

Ve světě se nyní vyrábí mnoho typů integrovaných můstkových zesilovačů. Náš monopolní výrobce TESLA sice má dva typy těchto zesilovačů ve svém nabídkovém sortimentu, na trhu nicméně nejsou (MDA2005). Z tohoto důvodu jsem použil raději dva oddělené zesilovače A2030V, s nimiž mám dobré zkušenosti.

Vstupní obvod zesilovače tvoří dolní propust druhého řádu, Butterworthova typu, s mezním kmitočtem 40 kHz. Důvodem zařazení tohoto obvodu bylo zachování stability zesilovače při buzení signálem, který by obsahoval nežádoucí vysokofrekvenční složky. Zapojení je zcela běžné a není třeba k němu nic dodávat. Za výstupem tohoto obvodu se signál dělí do dvou cest. První vede na vstup IO3, a protože tento zesilovač je zapojen jako neinvertující, je na jeho výstupu signál ve fázi se signálem vstupním (+ výstup).

Druhá cesta signálu vede nejprve na vstup invertoru, tvořeného operačním zesilovačem IO1. Signál je zde otočen o 180° a je přiveden na vstup IO2, který nemění fázi, signál je proto opět vstupnímu otočen o 180° (– výstup). Zátěž je připojena mezi výstupy IO3 a IO2, a je na ní proto dvojnásobná napětí (čtyřnásobný výkon), než kdyby byla připojena proti zemi.

Otáčení fáze signálu invertorem v jedné z cest se běžně nepoužívá. Zpravidla bývají zesilovače zapojeny tak, že jeden z nich je buzen přímo a z jeho výstupu je signál veden přes napěťový dělič do invertujícího vstupu druhého zesilovače. Toto řešení je sice jednodušší a lacinější, má však větší zkreslení (druhý zesilovač zesiluje i zkreslení zesilovače prvního) a větší fázový posuv na okrajích pásma. Obě „necnosti“ řešení s invertorem nemá, je-li ovšem tento stupeň dobře navržen. Zesilovač použitý na tomto místě musí být proto rychlý, nelze použít typ 741 a jemu podobné obvody. Signál na výstupu invertoru musí mít stejnou absolutní hodnotu jako signál vstupní, rezistory R12 a R13 musí mít proto co nejmenší vzájemnou toleranci – na vlastním odporu příliš nezáleží. Kondenzátor C8 zlepšuje stabilitu zapojení. Dělič R10 a R11, který určuje ss napětí na neinvertujícím vstupu, není zámerně volen 1 : 1 z důvodu správné polarizace C4 a C7.

Vlastní výkonové zesilovače jsou zapojeny zcela identicky. Stejnoseměrné napětí na neinvertujícím vstupu je určeno děličem R15, R16, R17, R18. Kondenzátor C8 zapojený do uzlu R15 a R16 zlepšuje stabilitu zesilovače při kolísání napájecího napětí a zlepšuje potlačení brumu při napájení ze síťového zdroje. Zesílení je dáno poměrem rezistorů R24 a R26, které by měly mít v obou zesilovačích co nejmenší vzájemnou toleranci. Kondenzátor C15 určuje dolní

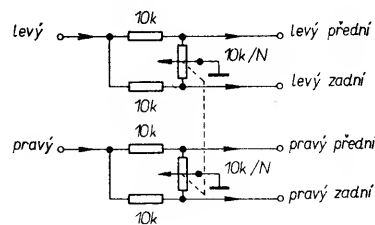
mezní kmitočet zesilovače, nesmí mít proto příliš velkou kapacitu. Při nesymetrické limitaci obou zesilovačů se vzájemně posouvají ss napětí na jejich výstupech. Doba návratu do ustáleného stavu, tj. poloviny napájecího napětí na výstupech, je dána hodnotou zpětnovazebních rezistorů a zpětnovazebního kondenzátoru. Má-li tento kondenzátor zbytečně velkou kapacitu (je-li příliš nízký dolní mezní kmitočet), prochází při nesymetrické limitaci zátěží dlouhou stejnosměrný proud, reproduktor „houpá“. Doporučuji proto na tomto místě použít kondenzátoru maximálně 5 μ F.

Rezistory R19, R21, R22, R23, R25, R27 a kondenzátory C12, C13, C14, C16 zlepšují stabilitu zesilovače a jeho chování při limitaci na vysokých kmitočtech. S uvedenými hodnotami je zapojení naprosto stabilní.

Oživení zesilovače je velmi jednoduché. Po připojení napájecího napětí zkontrolujeme ss napětí na obou výstupech. Přesnou velikost, tj. polovinu napětí napájecího, jemně dostavíme trimry R17 a R30. Po připojení zátěže vybudíme zesilovače do mírné limitace a zkontrolujeme opět ss napětí na výstupech. Je-li na nich polovina napájecího napětí a zesilovač nelimituje symetricky, doladíme symetrii opět trimry R17 a R30, přičemž ovšem dbáme na to, aby rozdíl ss napětí mezi výstupy nebyl větší než asi 100 mV – pak bychom museli symetrii limitace (neboli maximální výstupní výkon) oželeť. Závěrem zkontrolujeme kmitočtovou charakteristiku, která musí být pro pokles – 3 dB minimálně od 20 Hz do 40 kHz.

Při nesymetrickém napájení je minus pol výkonového zesilovače spojen se zemí (s kóstrou přístroje) – integrované obvody A2030V proto neizolujeme, naopak dbáme na kvalitní spojení s chladičem (hvězdicové nebo pérové podložky pod přitahovací matice). Pracovní zem je s kóstrou zesilovače spojena přes zpevňovací nosné úhelníky, proto místo spojení na plošném spoji musíme pocínovat.

Zesilovač je čtyřkanálový, proto umožňuje několik variant použití. Základní způsob je použití čtyř reproduktorů (dva v předních dveřích, dva vzadu). Čtyři reproduktory se dají zapojit i na běžný dvoukanálový zesilovač, potřebné vyvážení hlasitosti předních a zadních párů lze provádět výkonovými potenciometry. Výstup zesilovače je zapojen na běžec potenciometru, reproduktory na začátek a konec dráhy. Je jasné, že ve střední poloze se část výkonu ztrácí v potenciometru a reproduktory jsou buzeny přes odpor poloviny dráhy, což podstatně zhoršuje jejich tlumení a vyrovnanost kmitočtové charakteristiky. Z těchto důvodů jsou kvalitní zesilovače, umožňující připojení čtyř reproduktorů, řešeny vždy jako čtyřkanálové. Vyvážení předních a zadních párů lze u nich provést již na vstupu (obr. 9). Tento způsob zapojení umožňuje použít pouze dvojtyp po-



Obr. 9. Vyvážení předních a zadních reproduktorů

tenciometr, větší průchozí útlum článku zpravidla nevadí, neboť vstupní napětí je dostatečně velké (podrobnosti uvedu závěrem článku).

Druhou variantou je použití zesilovače ve vícepásmových aktivních reproduktorových soustavách. Jednotlivým kanálům zesilovače předradíme elektronickou výhybku s pevným nebo přeladitelným kmitočtem (bude popsána na závěr). Čtyřkanálový zesilovač použijeme u dvoupásmových soustav a ve spojení s některými z dále uvedených zesilovačů i v soustavách vícepásmových.

Všechny přístroje této řady jsou zapínatelné dálkově. Vstupní pětikolový konektor, zapojený podle normy, má na špičkách 3, 5 vstupy L, R. Špičky 1, 4 můžeme proto využít pro dálkové zapínání. V prvním případě je interní napájecí napětí přivedeno na jednu špičku konektoru, vinuti relé na druhou. Zkratováním špiček relé sepne.

Výhodnější je druhý způsob. V tomto případě vyvedeme zapínací napětí z předchozího přístroje (přehrávače) – zapneme-li jej, zapne se současně i výkonový zesilovač. Relé musí být dimenzováno na značný proud (odběr při plném vybuzení je větší než 6 A). Relé RP 700 a R15 (polská verze) tomuto požadavku vyhovují. Spolehlivost dále zvětšíme paralelním spojením patřičných kontaktů. Jako vstupní konektor můžeme použít již zmíněný „pětikolík“, tj. jeden konektor na kanály přední a jeden na zadní, nebo použijeme konektor sedmikolík, který pak stačí jediný (3 – LP, 5 – RP, 1 – LZ, 4 – RZ, 6 a 7 relé).

Jako přívod napájení slouží přístrojové svorky typu WK 48400 (03, 04). Výrobce sice u nich garantuje proud pouze 4 A, jejich mechanické provedení ale napovídá, že je to údaj značně poddimenzovaný, platící spíše ve spojení s nekvalitními „banánky“. Vlastní spojení proto provedeme prostříženým kabelovým očkem nebo vidličkou; stejně připojíme i reproduktory.

Mechanické výkresy zesilovače jsou na obr. 10.

R25	12 k Ω
R27	2,2 k Ω , 0,25 až 1 W
R28	3,3 k Ω
R29, R33	10 k Ω
R30	4,7 až 10 k Ω , TP 110, 011
R31	12 k Ω
R32	2,7 k Ω
R34, R36	1 k Ω
R35	5,6 k Ω
R37	10 k Ω , 2 % viz text
R38	12 k Ω
R39	10 k Ω , 2 % viz text
R40	2,2 k Ω
Kondenzátory	
C1	2 μ F, TE 986
C2	10 μ F, TE 984
C3	20 μ F, TE 984

C4	470 pF, TGL 5155
C5	220 pF, TGL 5155
C6	2 μ F, TE 986
C7	10 μ F, TE 984
C8	68 pF, TGL 5155
C9	10 nF, keramický
C10	2 μ F, TE 986
C11	10 μ F, TE 984
C12	220 pF, TGL 5155
C13	680 pF, TGL 5155
C14	22 pF, TGL 5155
C15	2 μ F, TE 986
C16	220 nF, TC 215 (MPT)
C17	2 μ F, TE 986
C18	10 μ F, TE 984
C19	220 pF, TGL 5155
C20	680 pF, TGL 5155

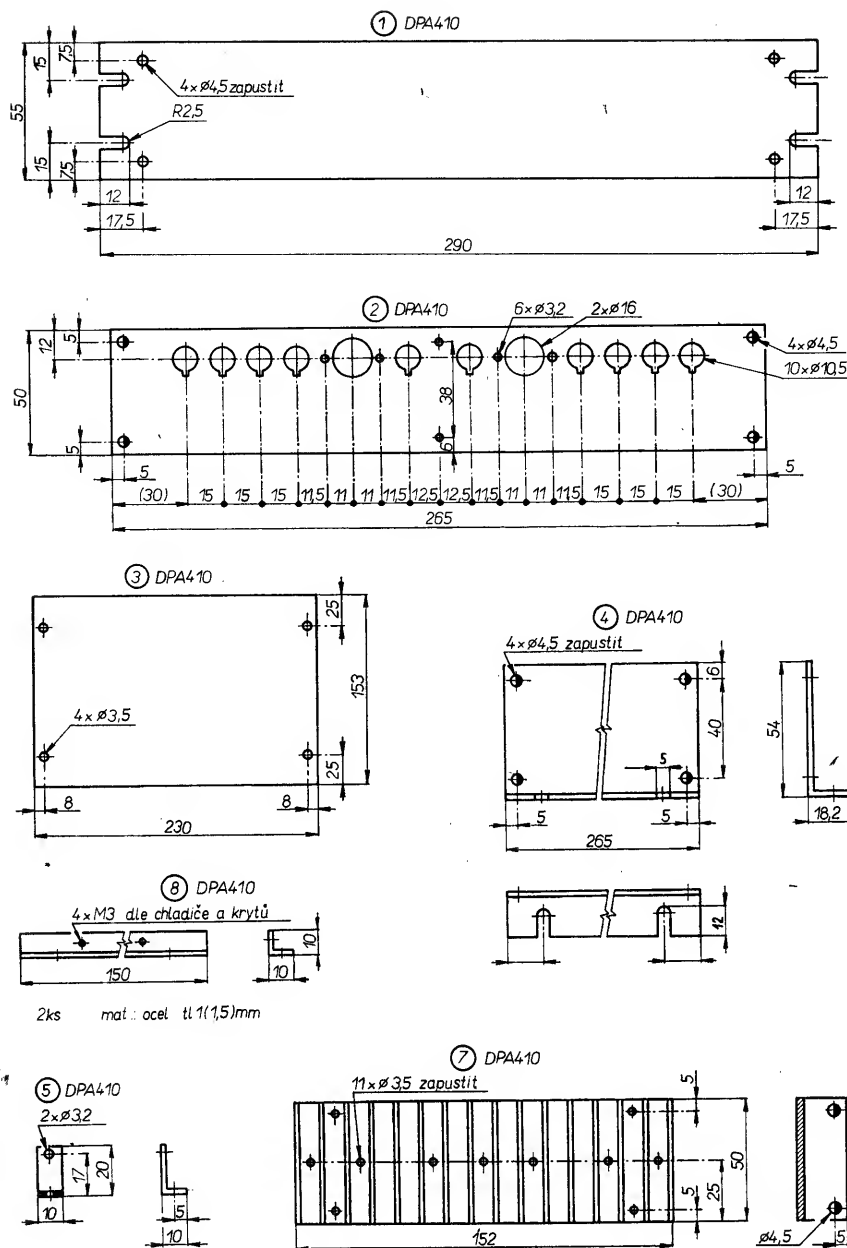
C21	22 pF, TGL 5155
C22	2 μ F, TE 986
C23	220 nF, TC 215 (MPT)
C24	100 nF, TK 783
C97	3 \times 1 000 μ F, TF 009 případně 3 \times 470 μ F, TF 010

Polovodičové součástky

T1	KC509 (239)
T2	KC508 (7–9, 237–9)
OZ1	MAB356 (355, MAC155, 156, B081)
OZ2, OZ3	A2030D (TDA2030)

Ostatní součástky

Re	RP 700, 12 V (R15)
Vstupní konektor	1 (2) ks
Výstupní svorky	10 ks



Obr. 10. Mechanické provedení DPA 410 (1 – přední panel: Al tl. 2,5 až 3 mm; 2 – zadní panel: ocel tl. 0,8 až 1 mm; 3 – spodní a horní kryt: ocel tl. 0,8 až 1 mm; 4 – přední a zadní panel – patkové provedení: vstupy a výstupy jsou stejné jako u rovného panelu, materiál – Al profil č. 3017; 5 – zpevňovací a kostřící úhelník: 6 ks, Al tl. 2 mm; 6 – distanční sloupky pro patice relé: 2 ks, dural Ø 8 mm, v obou případech je nutné pájecí vývody patic zkrátit; 7 – chladič: 2 ks, Al profil č. 4611 Kovohutě Děčín; 8 – držák spodního a horního krytu: 2 ks, ocel tl. 1 až 1,5 mm)

DPA 411 (obr. 11)

Výstupní výkon: $4 \times 10 \text{ W} - 4 \Omega$ ($U_{\text{bat}} = 15 \text{ V}$).
Kmitočtová charakteristika: 20 Hz až 40 kHz
(-3 dB).

Zkreslení: $< 0,3 \%$ (9 W, 4Ω).

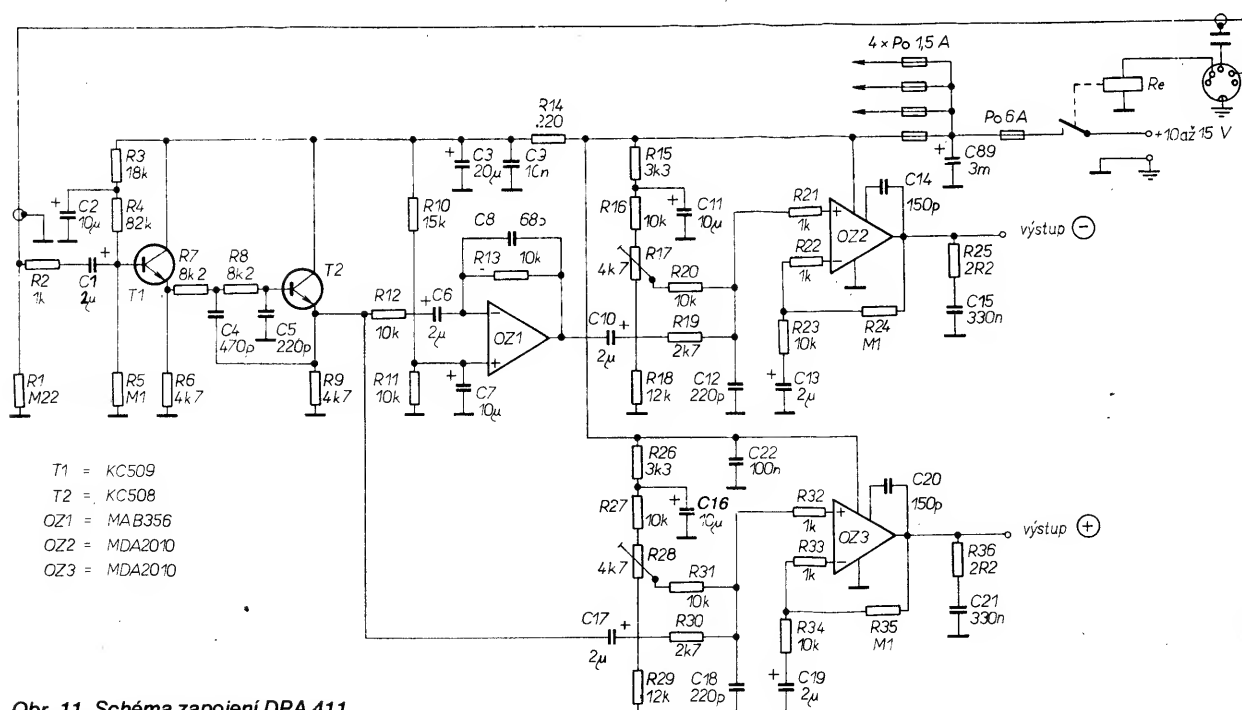
Odstup: $> 90 \text{ dB}$.

Zesílení: 22.

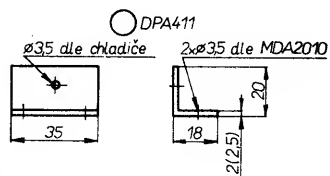
Citlivost: 300 mV.

Polovodiče: 12 IO, 8 tranzistorů.

Zesilovače typu A2030D jsou momentálně prakticky nesehnatelné (byl omezen dovoz). Výroba se sice údajně připravuje i u nás, větší dodávky do maloobchodu jsou ale v nedohlednu. Přinucen těmito okolnostmi jsem předchozí zapojení upravil na použití běžně dostupných obvodů MDA2010 (MDA2020). Dosažené parametry jsou přibližně stejné jako u zesilovače DPA 410 a vše, co bylo o něm řečeno, platí i pro tuto variantu. Opět zdůrazňuji, neizolovat výkonové obvody od kostry! Poněkud složitější je pouze mechanika zesilovače, protože pro převod tepla z výkonových zesilovačů musíme použít hliníkový úhelník (obr. 12), který je pro případnou snazší výměnu vadného obvodu rozdělen. Deska s plošnými spoji je na obr. 13.



Obr. 11. Schéma zapojení DPA 411



Obr. 12. Mechanické provedení DPA 411
(stejně jako u DPA 410, liší se pouze pře-
vodní úhelník – 8 ks)

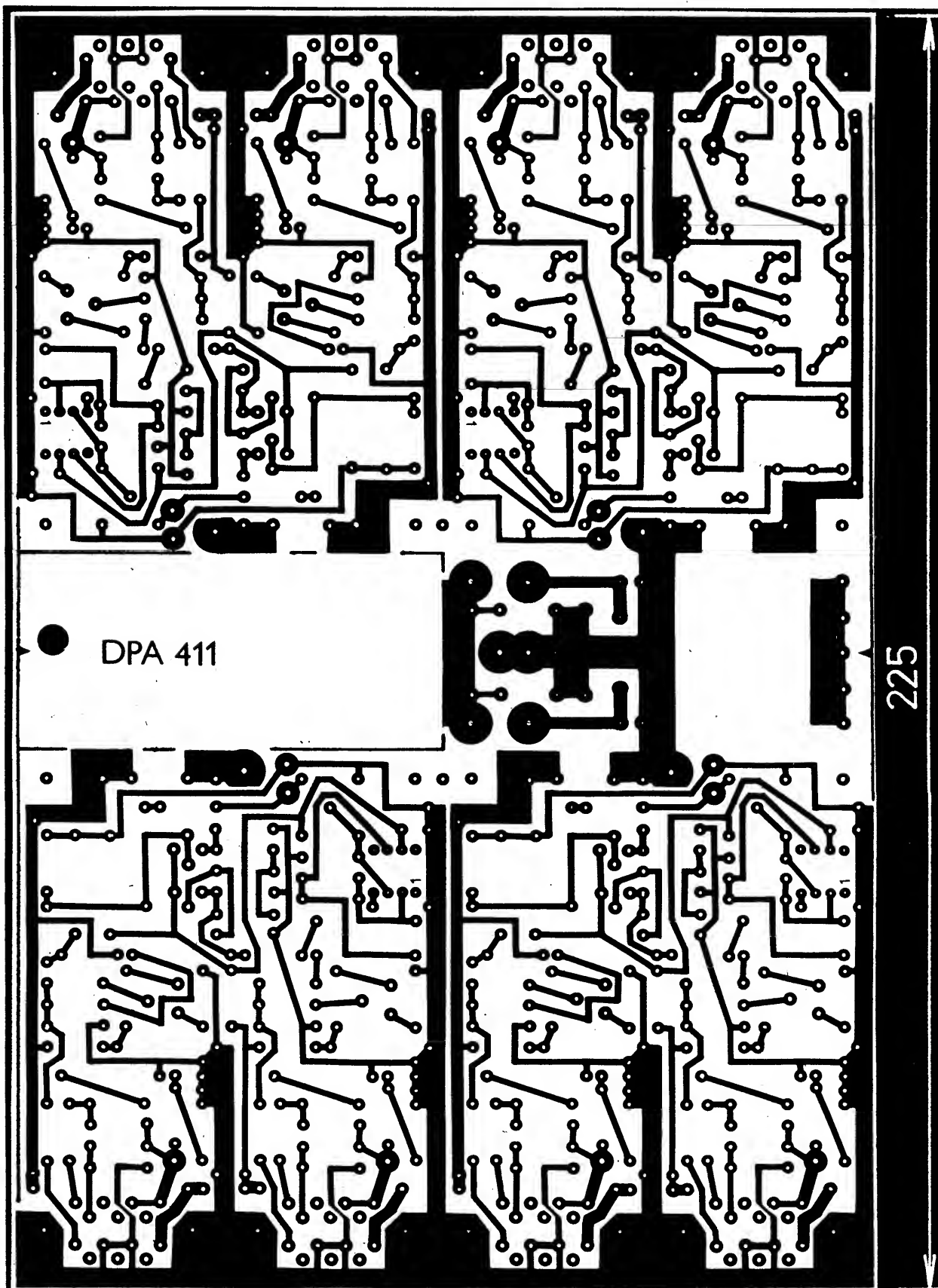
Seznam součástek (DPA 411)

(pro jeden kanál – součástky ostatních kanálů
označeny stovkovými indexy)

Rezistory (TR 191, TR 151, TR 212)

R1	220 kΩ
R2	1 kΩ
R3	18 kΩ
R4	82 kΩ
R5	100 kΩ
R6, R9	4,7 kΩ

R7, R8	8,2 kΩ
R10	15 kΩ
R11, R16	10 kΩ
R12, R13, R23	10 kΩ, 2 % viz text
R14	220 Ω
R15	3,3 kΩ
R17	4,7 až 10 kΩ, TP 110, 011
R18	12 kΩ
R19	2,7 kΩ
R20	10 kΩ
R21, R22	1 kΩ



Obr. 13. Deska Y302 s plošnými spoji DPA 411

R24 100 k Ω , 2 % viz text
 R25 2,2 Ω , 0,25 až 1 W
 R26 3,3 k Ω
 R27, R31 10 k Ω
 R28 4,7 až 10 k Ω , TP 110, 011
 R29 12 k Ω
 R30 2,7 k Ω
 R32, R33 1 k Ω
 R34 10 k Ω , 2 % viz text

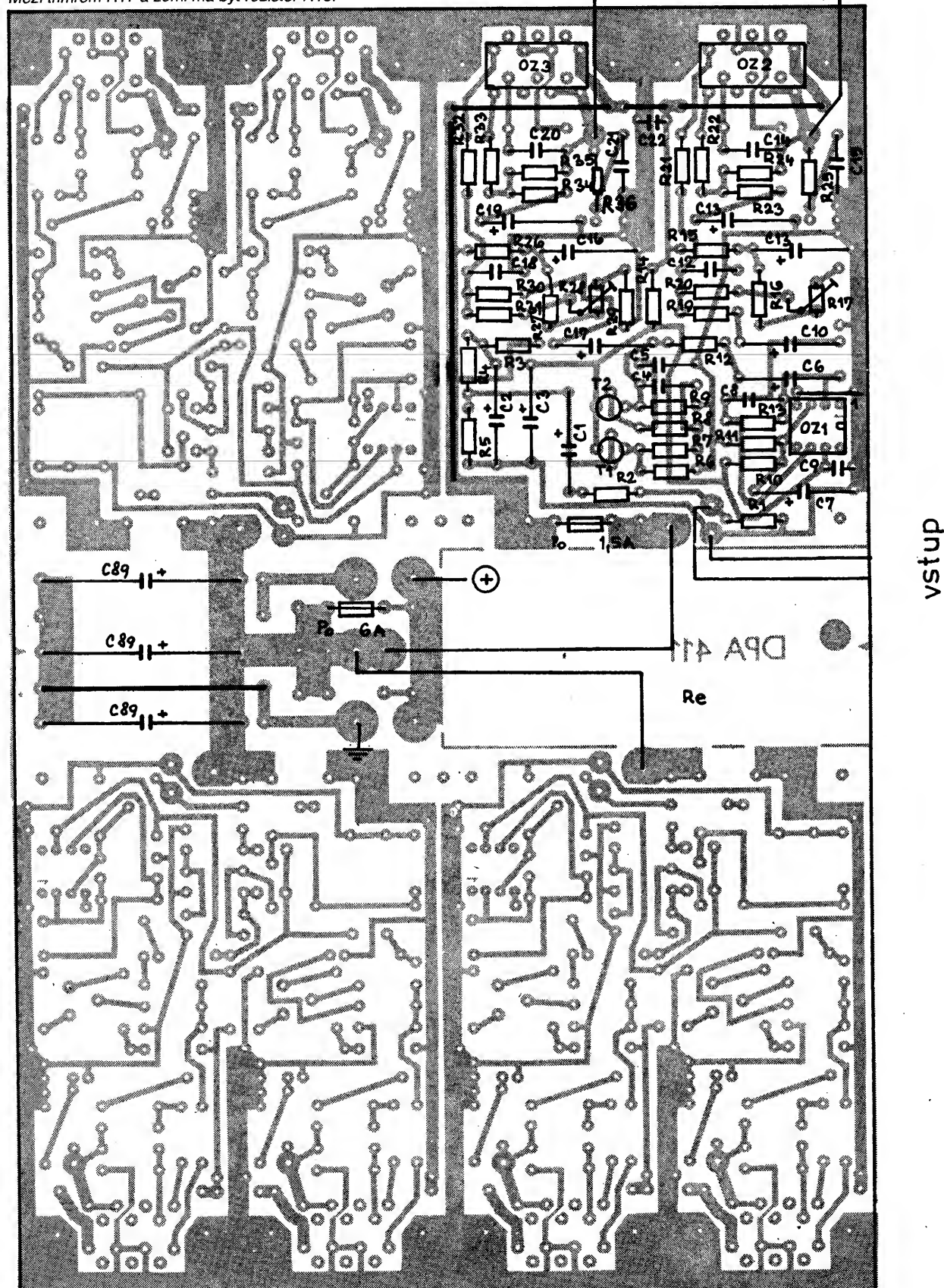
R35 100 k Ω , 2 % viz text
 R36 2,2 Ω , 0,25 až 1 W

Kondenzátory

C1 2 μ F, TE 986
 C2 10 μ F, TE 984
 C3 20 μ F, TE 984
 C4 470 pF, TGL 5155

C5 220 pF, TGL 5155
 C6 2 μ F, TE 986
 C7 10 μ F, TE 984
 C8 68 pF, TGL 5155
 C9 10 nF, keramický
 C10 2 μ F, TE 986
 C11 10 μ F, TE 984
 C12 220 pF, TGL 5155
 C13 2 μ F, TE 986

Mezi trimrem R17 a zemí má být rezistor R18.



C14 150 pF, TGL 5155
C15 330 nF, TC215 (MPT)
C16 10 μ F, TE 984
C17 2 μ F, TE 986
C18 220 pF, TGL 5155
C19 2 μ F, TE 986
C20 150 pF, TGL 5155

C21 330 nF, TC 215 (MPT)
C22 100 nF, TK 783
C89 3 \times 1000 μ F, (3 \times 470 μ F),
TF 009 (TF 010)
Polovodičové součástky
T1 KC509 (239)
T2 KC508 (7-9, 237-9)

OZ1 MAB356 (355, MAC155, 156,
B081)
OZ2 MDA2010 (MDA2020, TDA2020)
OZ3 MDA2010, (MDA2020, TDA2020)
Ostatní součástky
Re RP700 12 V (R15)

DPA 235 (obr. 14)

Výstupní výkon: 2 \times 22 W - 4 Ω ,
2 \times 35 W - 2 Ω ($U_{bat} = 15$ V).
Kmitočtová charakteristika: 20 Hz až 80 kHz
(-3 dB)
Zkreslení: < 0,1 % (20 W, 4 Ω),
< 0,2 % (30 W, 2 Ω).
Odstup: > 90 dB.
Zesílení: 22.
Citlivost: 430 mV
Polovodiče: 6 IO, 32 tranzistorů, 8 diod.

Běžné integrované výkonové zesilovače neumožní dosažení většího výkonu než asi 10 W/4 Ω . Dále popsaný zesilovač má proto výstupní část z diskretních tranzistorů, pracujících v zapojení SE. Toto uspořádání plně využívá napájecího napětí, takže výstupní výkon je oproti předchozím zesilovačům více než dvojnásobný. Použité tranzistory navíc dovolují i připojení zátěže 2 Ω , do které je zesilovač schopen odevzdat výkon větší než 35 W.

Blokové schéma je stejné, vstupní filtr má ale mezní kmitočet posunut asi na 80 kHz, což umožňuje větší rychlost přeběhu vlastního koncového zesilovače. Vstupní obvod výkonového zesilovače využívá výborných vlastností moderních operačních zesilovačů. Zátěž na výstupu OZ představuje dělič, tvořený rezistory R26, R27, R28 a R29. Stejnoseměrné napětí na děliči je nutné stabilizovat Zenerovou diodou D1 s rezistory R25 a R30. Předpětí pro koncový stupeň je vytvořeno rozdělením děliče na výstupu OZ (R26 a R27, R28 a R29). Správná velikost předpětí (velikost klidového proudu koncových tranzistorů) je nastavena pootažením tranzistoru T3 (děliče R31, R32, R33). Teplotní závislost klidového proudu je kompenzována termistorem R31. Vlastní koncový stupeň má napěťové zesílení rovno přibližně dvěma (rezistory R36, R38 a R37, R39). Kmitočtovou stabilitu tohoto stupně zajišťují kondenzátory C15, C16. Napěťové zesílení celého zesilovače je dáno poměrem rezistorů R24 a R23.

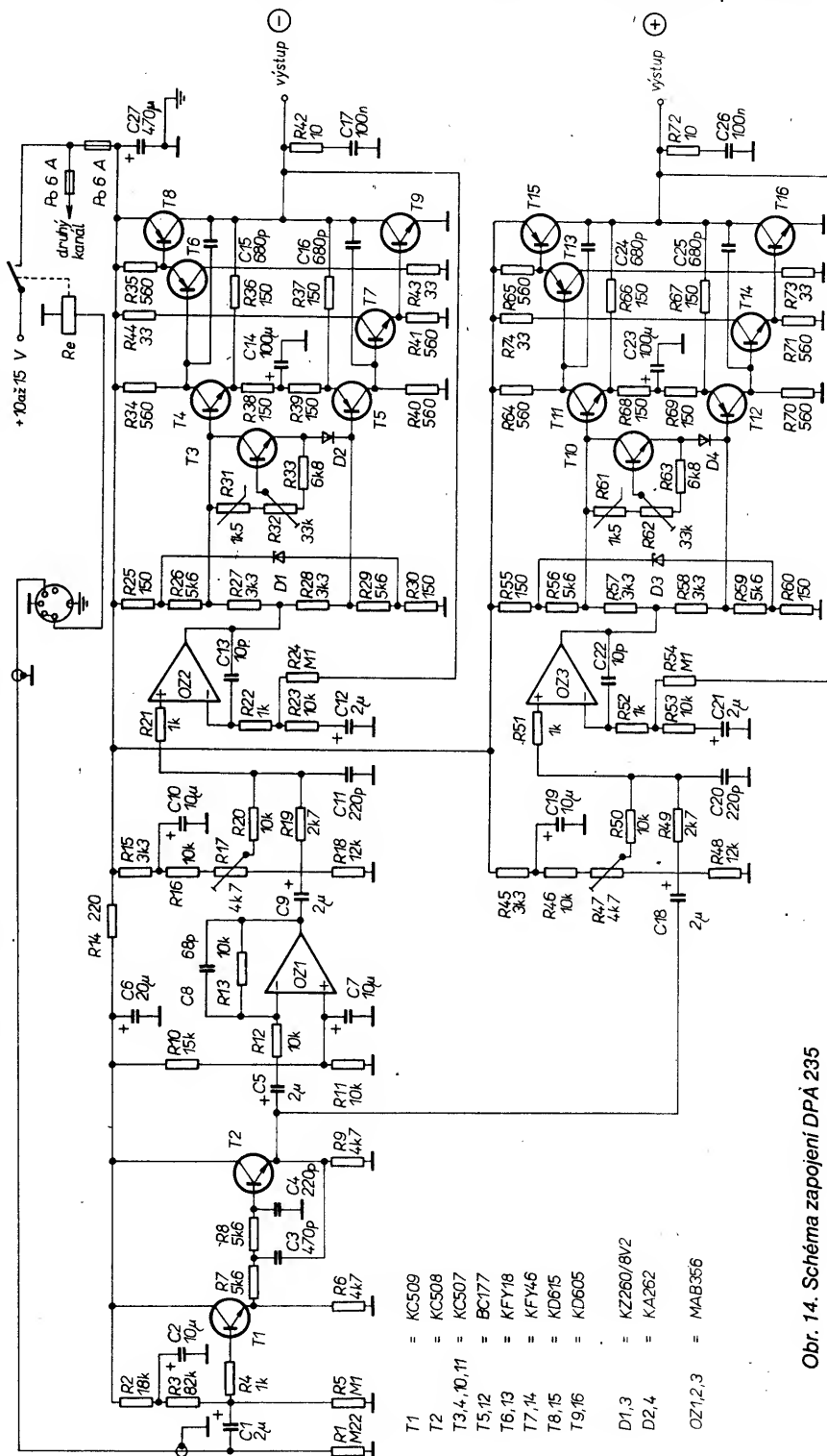
Zesilovač nemá elektronickou pojistku proti zkratu na výstupu. Absence tohoto obvodu je zdůvodněna potřebou co nejvyššího výstupního napětí - pojistka nutně vyžaduje zařazení vybavovacího rezistoru do cesty výstupního proudu, úbytek napětí na tomto rezistoru zmenšuje proto výstupní napětí. Jistou ochranu zesilovač nicméně má. Koncové tranzistory jsou buzeny tranzistory T6 a T7, které mají v kolektorovém obvodu zařazené omezovací rezistory (R43, R44), budící proud je proto limitován asi na 400 mA. Koncové tranzistory nemají nekonečný zesilovací činitel, jeho běžná velikost je pro tyto typy asi 20 až 30 při $I_c = 8$ A. Zkratový proud je omezen na přibližně 10 A, mezní kolektorový proud není proto překročen. Při déletrvajícím zkratu se omezovací rezistory přepálí a koncové tranzistory se uzavřou (musíme použít typy s uhlíkovou vrstvou TR 212, 213).

Předpokládáme-li na výstupu čtyřohmovou zátěž, pak není třeba koncové tranzistory nijak vybírat a párovat. Při zátěži dvouohmové musíme zkontrolovat zesilovací činitel, který by měl být minimálně 25 při $I_c = 8$ A (špičkový proud zátěží je 7,5 A).

Oživení je velmi jednoduché. Než zesilovač zapneme, nastavíme trimry R17 a R47 do středové polohy, trimry R32 a R26 na maximální otevření T3 a T10, tj. směrem

ke středu desky s plošnými spoji. Po zapnutí zkontrolujeme ss napětí na výstupech (polovina napětí napájecího). Při buzení zesilovače do mírné limitace nastavíme trimry R17 a R47 symetrické ořezání signálu (rozdíl ss napětí mezi výstupy by neměl být větší než asi 100 mV). Je-li vše v pořádku, připojíme zátěž 4 Ω a zesilovač asi 5 minut budíme na plný výkon signálem 1 kHz. Po zahřátí koncových tranzistorů zmenšíme vstupní napětí tak, aby na výstupu bylo střídavé napětí asi

0,5 až 1 V (měřeno proti zemi), a generátor přepneme na kmitočet asi 10 kHz. Na sinusovce bude viditelné přechodové zkreslení, které pomalým otáčením trimrů R32 a R62 odstraníme. Regulace je poměrně strmá, proto přidáváme opatrně, a jen do té doby, než zkreslení viditelně zmizí. Správně nastavený zesilovač má klidový odběr asi 80 mA při 15 V, případně asi 60 mA při 12 V. Teplotní kompenzace „držící“ klidový proud v rozmezí ± 20 % v rozsahu teplot 0 až 50 $^{\circ}$ C



Obr. 14. Schéma zapojení DPA 235

(reference 20 °C), zesilovač je mírně překompenzovaný, neboť při nižších teplotách se odběr zvětšuje. Závěrem zkontrolujeme kmitočtovou charakteristiku (pokles – 3 dB od 20 Hz do asi 80 kHz).

Deska s plošnými spoji je na obr. 15. Mechanické výkresy jsou jako u DPA 410 a DPA 411, pouze místo zpevňovacího úhelníku je použit převodní úhelník (obr. 16).

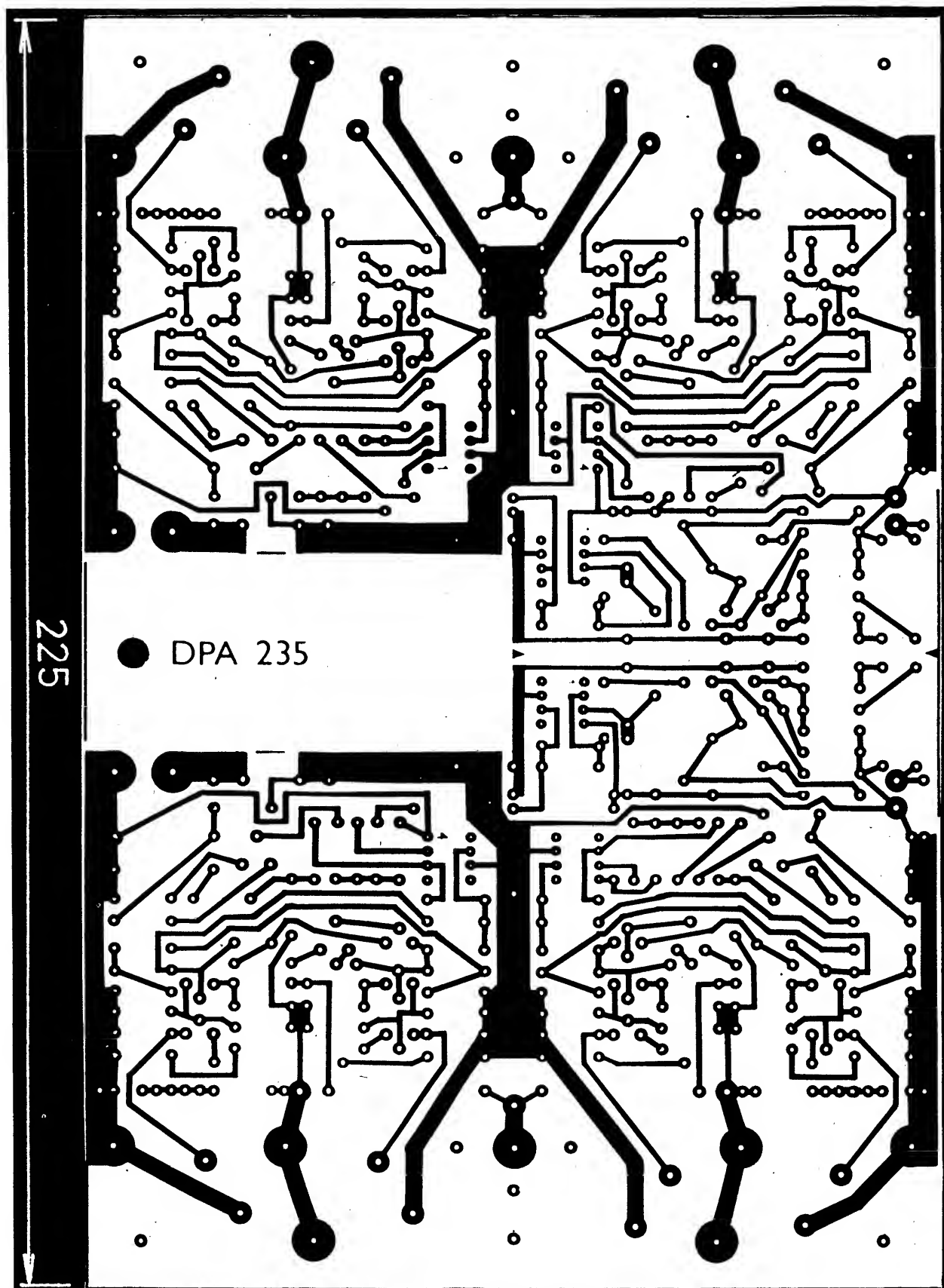
Seznam součástek (DPA 235)

pro jeden kanál – součástky druhého kanálu
značeny stovkovým indexem

Rezistory (TR 191, TR 151, TR 212)

R1	220 kΩ
R2	18 kΩ
R3	82 kΩ
R4	1 kΩ

R5	100 kΩ
R6, R9	4,7 kΩ
R7, R8	5,6 kΩ
R10	15 kΩ
R11	10 kΩ
R12, R13	10 kΩ, 2 % viz text
R14	220 Ω
R15	3,3 kΩ
R16	10 kΩ



Obr. 15. Deska Y303 s plošnými spoji DPA 235
(spojky – drát o \varnothing 0,5 mm)

R31	1,5 kΩ, NR-G2-1500
R32	33 kΩ, TP 110, 011
R33	6,8 kΩ
R34, R35	560 Ω
R36 až R39	150 Ω
R40, R41	560 Ω
R42	10 Ω, 0,25 až 1 W
R43, R44	33 Ω viz text
R45	3,3 kΩ
R46	10 kΩ
R47	4,7 až 10 kΩ, TP 110, 011
R48	12 kΩ
R49	2,7 kΩ
R50	10 kΩ
R51, R52	1 kΩ
R53	10 kΩ, 2 % viz text
R54	100 kΩ, 2 % viz text
R55	150 Ω, 0,25 W
R56	5,6 kΩ
R57, R58	3,3 kΩ
R59	5,6 kΩ
R60	150 Ω, 0,25 W
R61	1,5 kΩ, NR-G2-1500
R62	33 kΩ, TP 110, 011
R63	6,8 kΩ
R64, R65	560 Ω
R66 až R69	150 Ω
R70, R71	560 Ω
R72	10 Ω
R73, R74	33 Ω, viz text

Kondenzátory

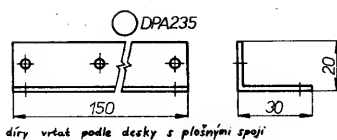
C1	2 μF, TE 986
C2	10 μF, TE 984
C3	470 pF, TGL 5155
C4	220 pF, TGL 5155
C5	2 μF, TE 986
C6	20 μF, TE 984
C7	10 μF, TE 984
C8	68 pF, TE 986
C9	2 μF, TE 986
C10	10 μF, TE 984
C11	220 pF, TGL 5155
C12	2 μF, TE 986
C13	10 pF, TGL 5155
C14	100 μF, TE 984
C15, C16	680 pF, TGL 5155
C17	100 nF, TC 215 (MPT)
C18	2 μF, TE 986
C19	10 μF, TE 984
C20	220 pF, TGL 5155
C21	2 μF, TE 986
C22	10 pF, TE 984
C23	100 μF, TE 984
C24, C25	680 pF, TGL 5155
C26	100 nF, TC 215 (MPT)
C27	470 μF (1 000 μF), TF 010 (TF 009)

Polovodičové součástky

T1	KC509 (239)
T2	KC508 (507-9, 237-9)
T3, T4	KC507 (507-9, 237-9)
T5	BC177 (KC307-9, BC178-9)
T6	KFY18 (KFY16, KF517)
T7	KFY46 (KFY34, KF506-8)
T8	KD615-617
T9	KD605-607
T10, T11	KC507 (KC507-9, 237-9)
T12	BC177 (BC178, 9, KC307-9)
T13	KFY18 (KFY16, KF517)
T14	KFY46 (KFY34, KF506-8)
T15	KD615-617
T16	KD605-607
D1	KZ260/8V2
D2, D4	KA262 (libovolná Si)
D3	KZ260/8V2
OZ1	MAB356 (MA355, MAC155, 156, B081)
OZ2	MAB356 (MA355, MAC155, 156, B081)
OZ3	MAB356 (MAB355, MAC155, 156, B081)

Ostatní součástky

Re	RP 700, 12 V (R15)
vstupní konektor	2 ks, viz text
výstupní svorky	10 ks, viz text



Obr. 16. Mechanické provedení DPA 235 (stejně jako DPA 411, liší se pouze převodní úhelník – 2 ks, Al profil č. 3034; desku s plošnými spoji použít jako vrtací šablonu; díry pro tranzistory Ø 5,5 mm – tranzistory připevněny šrouby M3; díry pro termistory Ø 4,3 mm; ostatní díry Ø 3,5 mm)

DPA 280

Výstupní výkon: > 110 W – 4 Ω ($U_{bat.} = 15$ V)
> 90 W – 8 Ω (buzen jeden kanál),
2 × 80 W – 4 Ω ($U_{bat.} = 15$ V)
2 × 60 W – 8 Ω (buzeny oba kanály).

Kmitočtová charakteristika: 20 Hz až
100 kHz
(–3 dB).

Zkreslení: < 0,1 %/100 W, 4 Ω;
< 0,05 %/80 W, 8 Ω.

Odstup: > 90 dB.

Zesílení: 26.

Čitlivost: 770 mV/100 W, 4 Ω.

Polovodiče: 4 IO, 54 tranzistorů, 30 diod.

Chcete-li mít v automobilu zesilovač opravdu špičkových parametrů, pak zvolte typ DPA 280. Stavba ale není nijak jednoduchá a také finanční náklady jsou značné – ekvivalentní přístroj dovezený ze zahraničí by ovšem stál přibližně čtyřnásobek (kolem 300 dolarů). Zapojení využívá nejmodernějších součástek u nás dostupných, takže i objem přístroje je zcela srovnatelný se zahraničními ekvivalenty.

Zesilovač DPA 235 má maximální výkon, jaký lze u zesilovače bez měniče napětí dosáhnout. Další zvětšení výkonu je možné jen s použitím měniče – tímto způsobem lze dosáhnout výkonů zcela srovnatelných s domácími reprodukcemi zařízení. Jediným omezením je výkon palubní sítě automobilu (alternátoru). Účinnost běžného zesilovače třídy AB je asi 65 %, účinnost kvalitního měniče asi 80 % – celková účinnost přístroje je proto přibližně 50 %. Zesilovač 2 × 100 W odeberá z palubní sítě 400 W, neboli 27 A! V této souvislosti si osobně neumím představit, čím je napájen již v úvodu zmíněný zesilovač 2 × 900 W, neboť jmenovitý odběr musí být asi 240 A!

Měnič napětí lze v podstatě udělat dvěma způsoby. První variantou je výkonový oscilátor, jehož výstupní napětí je vhodným transformátorem (v praxi nejčastěji feritovým) transformováno směrem „nahoru“. Následuje pochopitelně usměrnění a vyhlazení. Ze stejnosměrného výstupu není do vstupní části zavedena žádná zpětná vazba, výstupní napětí proto v závislosti na odběru kolísá.

Druhá varianta je podobná, z výstupu je ale zavedena zpětná vazba do řídicí části, kde se její pomocí řídí střída výstupních impulsů oscilátoru. Výstupní napětí je proto stabilizované a s odběrem nekolísá.

Nevýhodou prvního řešení je vyšší napájecí napětí zesilovače v případě, kdy není buzen. Patřičné součástky musí mít větší závěrná napětí. Výhodou je schopnost zesilovače dávat větší impulsní výkon a hlavně naprostá jednoduchost zapojení měniče. Výhodou druhého řešení je použití součástek dimenzovaných na menší napětí, nevýhodou ztráta schopnosti zesilovače dávat větší impulsní výkon a hlavně velká složitost zapojení.

Ze srovnání vyplývá výhodnost první varianty, proto jsem ji při návrhu zapojení dal přednost. Ačkoliv měnič (obr. 17) vypadá na

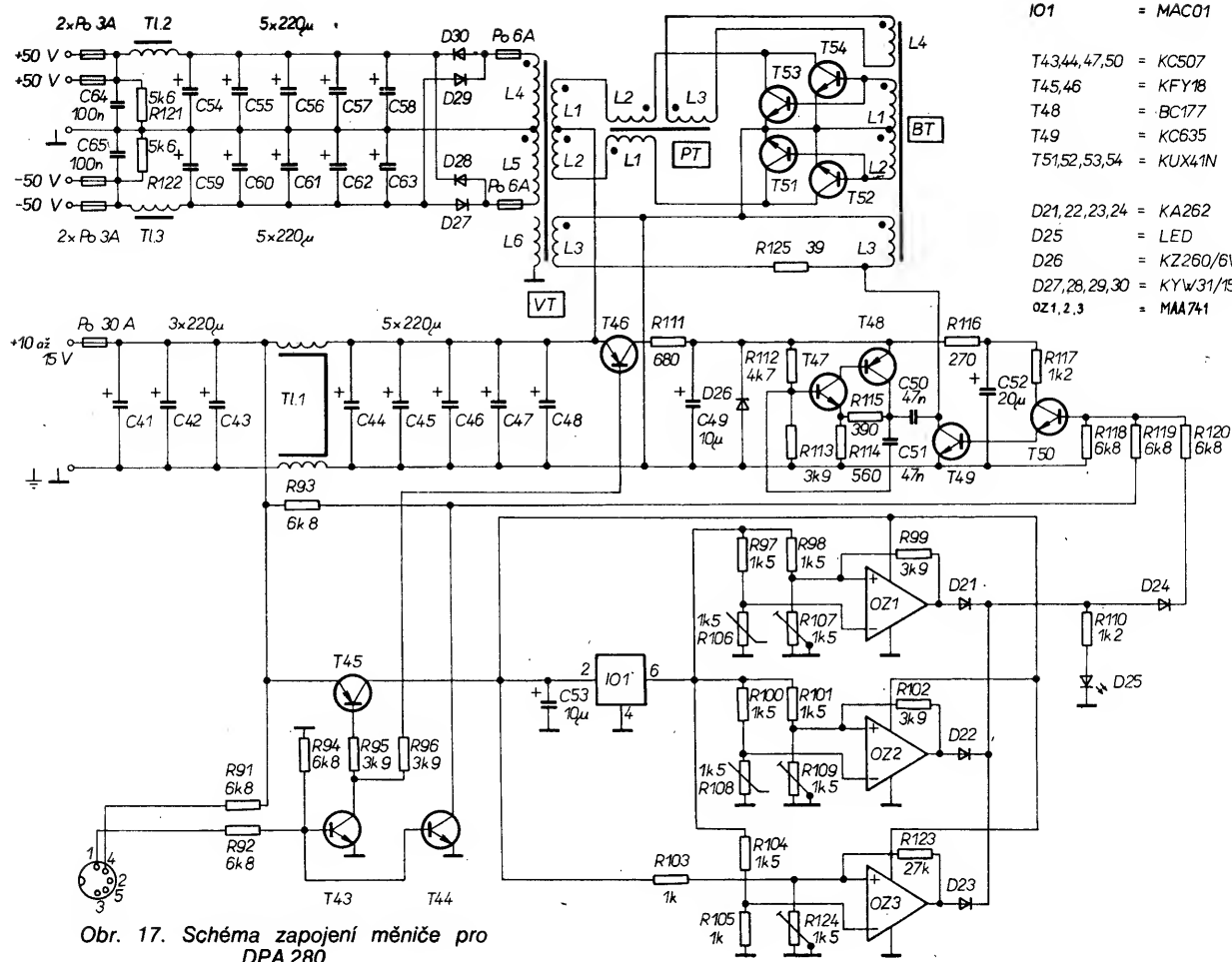
první pohled složitě, je v podstatě velmi jednoduchý.

Blokově lze zapojení rozdělit do několika celků: bezkontaktní spínač (T43 až T46), teplotní a přepětové ochrany (IO1, OZ1 až OZ3, T49, T50), startovací oscilátor (T47, T48) a vlastní výkonový oscilátor s usměrňovačem (T51 až T54, D27 až D30).

Popis funkce začneme zapínacím obvodem. Zesilovač zapneme přivedením kladného napětí na špičku 1 vstupního konektoru, nebo zkratováním špiček 1 a 4. Oba způsoby jsou identické všem předchozím zesilovačům. Kladným zapínacím napětím se otevře T43 (i T44, jehož funkce si pozatím nevšímáme), jeho kolektorový proud otevře T45. Napájecí napětí je přivedeno na stabilizátor napětí (IO1), na vstup komparátoru (OZ3) a do napájecí větve tří komparátorů (OZ1 až OZ3). Komparátory OZ1 a OZ2 hlídají teplotu obou chladičů (termistory R106 a R108), komparátor OZ3 hlídá přepětí v napájení zesilovače. Stabilizátor IO1 poskytuje potřebné referenční napětí 10 V. Tepelná ochrana pracuje s malou hysterezi (aktivovaný komparátor překlopí zpět až po větším ochlazení chladiče).

Výstupní napětí měniče je ±50 V při napájení 15 V. Protože filtrační kondenzátory mají maximální povolený provozní napětí 63 V a výstupní napětí měniče je přímo úměrné napětí vstupnímu, mohlo by při poruše stabilizace palubní sítě výstupní napětí měniče tuto hodnotu překročit. Komparátor OZ3 slouží proto k zablokování měniče, překročí-li napájecí napětí asi 16 V. I tento komparátor má hysterezi (asi 1 V), to jest funkce měniče je obnovena, až když napájecí napětí poklesne asi na 15 V (u komparátoru bez hystereze by i nepatrné kolísání vstupního napětí kolem bodu překlopení způsobovalo vypínání a zapínání měniče). Překlopení libovolného komparátoru je indikováno LED (D25). Zde popis funkce přerušíme a vrátíme se zpět k zapínacímu obvodu.

Otevřením tranzistoru T43 se otevře i T46, který sepne napájecí napětí do startovacího oscilátoru. Pro spolehlivou funkci tohoto obvodu je napájecí napětí stabilizováno Zenerovou diodou D26. Oscilátor tvořený tranzistory T47 a T48 pracuje na kmitočtu asi 15 kHz (kmitočet není kritický), jeho výstupní napětí je přivedeno přes kondenzátor C50, na vinutí L3 budicího transformátoru (BT). Napětí se transformuje do vinutí L1 a L2, na která jsou zapojeny báze výkonových tranzistorů T51 až T54. Kolektorovou zátěž tranzistorů tvoří vinutí L1 a L2 výstupního transformátoru (VT). Napájecí napětí je přivedeno do středu obou vinutí (push – pull), která musí být přesně stejná, aby transformátor nebyl stejnosměrně syčen. Kladnou zpětnou vazbu, udržující oscilátor v činnosti, tvoří vinutí L3 výstupního transformátoru a vinutí L3 budicího transformátoru. Těsnost vazby zmenšuje rezistor R125. Účinnost měniče zvyšuje další kladná zpětná vazba, tvořená proudovým transformátorem (PT). Primární vinutí výstupního transformátoru (L1, L2) není spínáno přímo, ale přes vinutí L1 a L2 proudového transformátoru. Z jeho vinutí L3 je zavedena kladná vazba do vinutí L4 budicího transformátoru. Tímto způsobem je zvětšováno buzení spínacích tranzistorů T51 až T54, takže pracují vždy v saturačním režimu, nemusí se proto párovat a ani nemusí mít vyrovnávací emitorové rezistory, které by účinnost snižovaly. Při malých odběrech se vazba proudovým transformátorem neuplatní, k chodu oscilátoru stačí vazba mezi L3 VT a L3 BT, takže účinnost zůstává vysoká (budicí výkon není zbytečně velký). Napětí oscilátoru se výstupním transformátorem zvyšuje (vinutí L4 a L5). Vinutí L6 je stínění mezi primárními vinutími L1 až L3 a vinutími sekundárními L4, L5.



Odběr měniče při plném vybuzení zesilovače je značný (až 40 A). Trubičkové pojistky u nás vyráběné jsou maximálně na 6 A a nelze je proto použít. Na větší jmenovité proudy jsou sice automobilové pojistky, jejich upevnění na desce s plošnými spoji je ale problematické. Pojistku proto vytvoříme ze dvou měděných drátů o průměru 0,2 mm, které buď zapájíme přímo do desky s plošnými spoji nebo na tělísko vypálené pojistky.

Měníč napětí pracuje s kmitočtem asi 28 kHz. Výstupní napětí oscilátoru má obdélníkový průběh o velmi strmých hranách, vyzařování zpět do palubní sítě musíme proto dobře potlačit. V přívodu napájecího napětí je zařazen vstupní filtr, tvořený kondenzátory C41 až C48 a tlumivkou T11; jeho použití je bezpodmínečně nutné!

Výstup transformátoru je jištěn tavnými pojistkami. Střídavé výstupní napětí je usměrněno dvoucestným usměrňovačem (D27 až D30) a vyhlazeno kondenzátory C54 až C62. Usměrňovací diody musí být velmi rychlé (nelze použít klasické diody řady KY708 – 719). Deska s plošnými spoji je navržena na použití diod KYW31/150 (150 V, 25 A), které mají katodu na pouzdru. Lze použít i diody KY193, které mají „klasické“ pouzření, tj. anodu na pouzdru. V tomto případě ale musíme prohodit na desce s plošnými spoji výstupy usměrňovače!

Pracovní kmitočet měniče je vysoký (28 kHz \pm 2 kHz), na vyhlazení musíme použít kondenzátory s malými dielektrickými ztrátami a malou vlastní indukčností (totéž platí i pro vstupní filtr v přívodu napájení). Staré typy řady TC 93..., TE 98... a TE 96... proto nevyhoví. Použít by se daly dovozní kondenzátory řady TGL..., které jsou ovšem prakticky nedostupné. Kondenzátory nové řady TF 0... našetří použít lze a jsou dokonce vhodnější než řada TGL, neboť pa-

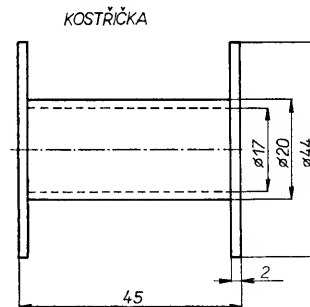
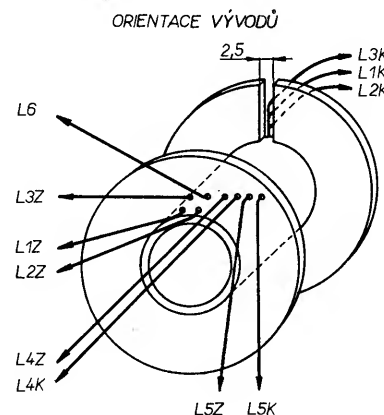
ralelním spojením více menších kondenzátorů klesá jejich celková indukčnost a navíc, což je paradoxní, srovnání poměru kapacita versus objem vyční jednoznačně v jejich prospěch (o ceně ani nemluvě). Celková kapacita v každé větvi 1100 μ F je na první pohled velmi malá. Musíme si ale uvědomit, že pracovní kmitočet je vysoký, takže tato kapacita dává vyhlazení ekvivalentní kondenzátoru 600 000 μ F při kmitočtu 50 Hz!

Střídavá složka superponovaná na ss napětí je dále vyfiltrována tlumivkami T12, T13, kondenzátory C64 a C65 a kondenzátory C18, C20, C38, C40, které jsou umístěny ve vlastním koncovém zesilovači.

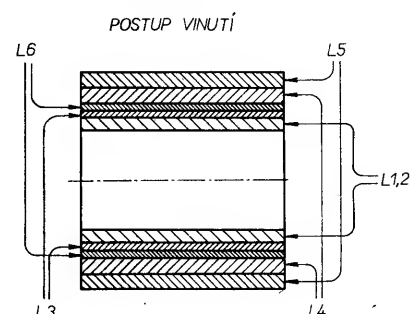
Výstupní obdélníkové sekundární napětí na transformátoru má na náběžné hraně jehlový překmit, který je asi o 10 až 15 % větší než napětí jmenovité. Kdyby výstup usměrňovače nebyl zatížen (například při výjmutí pojistek v koncových zesilovačích), filtrační kondenzátory by se nabýly na špičkové napětí a to by mohlo překročit

jejich jmenovité povolené provozní napětí. Usměrňovač je proto trvale zatížen rezistory R121 a R122, které popsany jev spolehlivě odstraní.

Nyní se vrátíme k bloku ochrany. Přepětí v napájení nebo přehřátí zesilovače způsobí překlacení některého z komparátorů. Výstupní napětí otevře tranzistor T50. Aby T50 nebyl otevřen i v normálním režimu, kdy je na výstupech komparátorů asi +2 V, je báze



mat.: sílon nebo teftlon



Obr. 18. Cívka výstupního transformátoru

tohoto tranzistoru napájena z děliče R120 a R118/R119. Otevřením T50 se otevře i T49, který zkratuje zpětnovazební vinutí L3 budicího transformátoru, čímž oscilátor přestane kmitat. Na místě T49 musíme použít typ KC635 (637, 639), který má malé saturační napětí kolektor-emitor („zkratování“ vinutí musí být dokonalé, jinak oscilátor nevysadí). Nelze proto použít tranzistory typu KF, které jsou v tomto ohledu podstatně horší. Ekvivalentní náhradou jsou pouze tranzistory KD135, 7, 9.

Při vypnutí zesilovače se uzavře T44. Do báze T50 začne přes rezistory R93 a R119 protékat proud a T50 se otevře stejně jako při přepnutí komparátorů. Odběr ve vypnutém stavu je dán velikostí rezistorů R93, R118, R119 a bázovým proudem T50 a je proto přibližně 1 mA, což je velikost naprosto zanedbatelná (samovybijící proud baterie je větší). Svodové proudy kondenzátorů ve výstupním filtru a proud I_{CEO} tranzistorů T51 až T54, tedy součástek, které jsou i ve vypnutém stavu pod napětím, jsou prakticky neměřitelné.

Jediným výrobně složitějším dilem měnice je výstupní transformátor. Hlavní důraz je kladen na primární vinutí L1, L2, které je vinuto bifilárně vodičem o \varnothing 2 mm. Protože takto tlustý vodič se již obtížně ohýbá, musíme dbát na to, abychom neporušili izolaci. Primární vinutí je namáháno velkými proudovými rázy, musí být velmi pevně utaženo, aby se chvěním vodiče neproděl izolací lak. Proto také po navinutí celý transformátor impregnujeme vhodným lakem; neimpregnovaný nebo špatně impregnovaný transformátor při zatížení píská. Navijecí předpisy všech transformátorů a cívek jsou uvedeny v seznamech součástek, výkresy cívk výstupního transformátoru jsou na obr. 18.

Koncový zesilovač (obr. 19)

Nedostatečnost naší součástkové základny se nejvíce projeví při návrhu „výkonnějšího“ výkonového zesilovače. S dostupnými typy tranzistorů, zapojenými běžným způsobem, lze při komplementárním zapojení dosáhnout výkonu asi 50 až 60 W/4 Ω . Hlavním omezujícím činitelem jsou nízká závěrná napětí tranzistorů řady KD600, případně nepříliš vysoké napětí, pro

teré je zaručován druhotný průraz. Ve svých zesilovačích proto používám již řadu let sériové zapojení koncových a budicích tranzistorů – mizivá poruchovost potvrzuje správnost tohoto řešení. Pro zajímavost uvádím, že modifikace dále popsaného zesilovače, ve které jsou výkonové tranzistory zdvojeny (sérioparalelní zapojení), dosahuje s patřičně dimenzovaným zdrojem výkonu asi 200 W/4 Ω , více jak 300 W/2 Ω a více jak 500 W při můstkovém zapojení – to vše s tranzistory KD607/617.

Zapojení má klasické uspořádání: vstupní diferenciální zesilovač a zdroj proudu (T1 až T3), rozkmitový stupeň (T4 až T7), nastavení klidového proudu a jeho teplotní stabilizace (T8, T9), pojistka (T10, T11) a výkonový stupeň (T12 až T21).

Kolektorový proud tranzistorů diferenciálního zesilovače určuje dioda D3 a rezistor R6, jeho velikost je proto asi 1 mA. Vyváženost proudu obou fází diferenciálního zesilovače zaručuje vhodná velikost R2, R11 a R12. Malou nevyváženost, danou rozptylem zesilovačích činitelů, která se projeví jako výstupní napěťový posuv, lze vykompenzovat trimrem R3. Člen RC zapojený mezi bázemi zlepšuje kmitočtovou stabilitu zesilovače.

Rozkmitový stupeň tvoří druhý diferenciální zesilovač (T4, T5). Lokální zpětné vazby zlepšující stabilitu celého zesilovače tvoří kondenzátory C6 a C7. Tranzistor T6, pracující v zapojení SB, zmenšuje napěťové namáhání T4, případně zmenšuje jeho ztrátový výkon (napětí U_{CE} obou tranzistorů je přibližně stejné, tj. polovina napájecího napětí). Vyváženost kolektorových proudů zaručuje stejná velikost odporů rezistorů R17 a R18, úbytek napětí na přechodu BE tranzistoru T7 je kompenzován diodou D4. Tranzistor T7 je jediná součástka, kterou je nutné vybírat. Napětí U_{CE} tohoto tranzistoru je při plném rozkmitu rovno napětí napájecímu, tj. 100 V. Závěrné napětí by proto mělo být minimálně 110 V (tranzistory BF257 mají garantované napětí U_{CE} 150 V, proto se vybírat nemusí). Požadavek lze ale snadno splnit, neboť měřením většího počtu tranzistorů KFY18 (případně i KFY16) zjistíte, že jejich běžné závěrné napětí je 90 až 100 V a u zhruba 20% je větší než 110 V, ačkoliv výrobce zaručuje jen 50 V. Diody D1 a D2 zamezují saturaci druhého diferenciálního zesilovače při limitaci výstupního sig-

nálu. Rychlost rozkmitového stupně zmenšuje člen RC, R16 a C9.

Klidový proud koncových tranzistorů se nastaví pootevřením tranzistoru T9, teplotní stabilizace je zajišťována tranzistorem T8, který je připevněn na chladiči koncových tranzistorů. Klidový proud se reguluje trimrem R21. Dynamické vlastnosti obvodu zlepšuje kondenzátor C8.

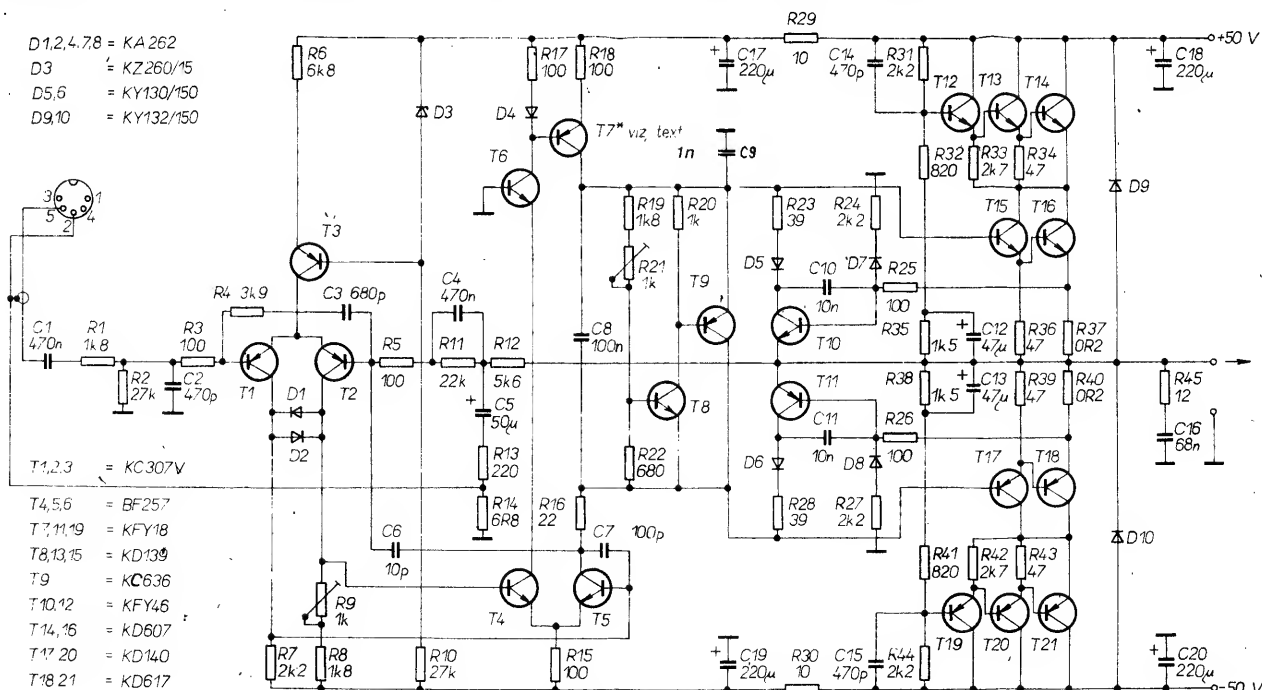
Pojistka proti proudovému přetížení má klasické zapojení. Průchodem proudu rezistorem R37 (R40) se na něm vytvoří úbytek napětí, kterým se otevře T10 (T11) a zkratuje buzení. Aby pojistka reagovala pouze při zkratu na výstupu a nikoli při běžném provozu zesilovače, je její působení zpžděno kondenzátorem C10 (C11).

Koncové a budicí tranzistory jsou zapojeny v sérii a jsou proto v klidovém stavu namáhány napětím asi 25 V. Při plném rozkmitu výstupního napětí je maximální napětí U_{CE} na jednom tranzistoru 50 V. Jedinou nevýhodou zapojení je poněkud menší účinnost, neboť se sčítají saturační napětí, ale to v praxi vůbec nevadí. Správné rozdělení ss napětí na jednotlivých tranzistorech určuje dělič složený z rezistorů R31, R32 a R35 (R38, R41 a R44). Plnému rozkmitu výstupního napětí při zatížení zesilovače napomáhají „bootstrapové“ kondenzátory C12 a C13. Kondenzátory C14 a C15 zlepšují stabilitu tohoto stupně, diody D9 a D10 potlačují případné napěťové špičky způsobené indukční zátěží. Stabilitu celého zesilovače zlepšuje Boucherotův člen zapojený na výstupu.

Potlačení zemních smyček ve vstupním obvodu je provedeno rezistorem R14, přes který je uzemněna střídavá zpětná vazba. Připojením zdroje signálu se zpětná vazba uzemní do stejného bodu, nesmíme proto ve vstupním konektoru spojit špičku 2 s kostrou zesilovače.

Tranzistory T4 až T7 pracují s trvalou kolektorovou ztrátou asi 900 mW, musí být proto opatřeny chladičem. Chladič musí mít i budicí tranzistory T13, T15, T17, T20; vyrobíme jej z vhodného hliníkového profilu tvaru U o délce asi 25 mm. Profily mohou mít různou výšku žebra, deska s plošnými spoji je proto navržena tak, aby se tranzistory daly zařezávat do pravidelných rozestupů.

Na obr. 20 je deska s plošnými spoji měnice a výkonového zesilovače DPA280. Mechanická konstrukce je na obr. 21.



Obr. 19. Schéma zapojení koncového zesilovače DPA 280

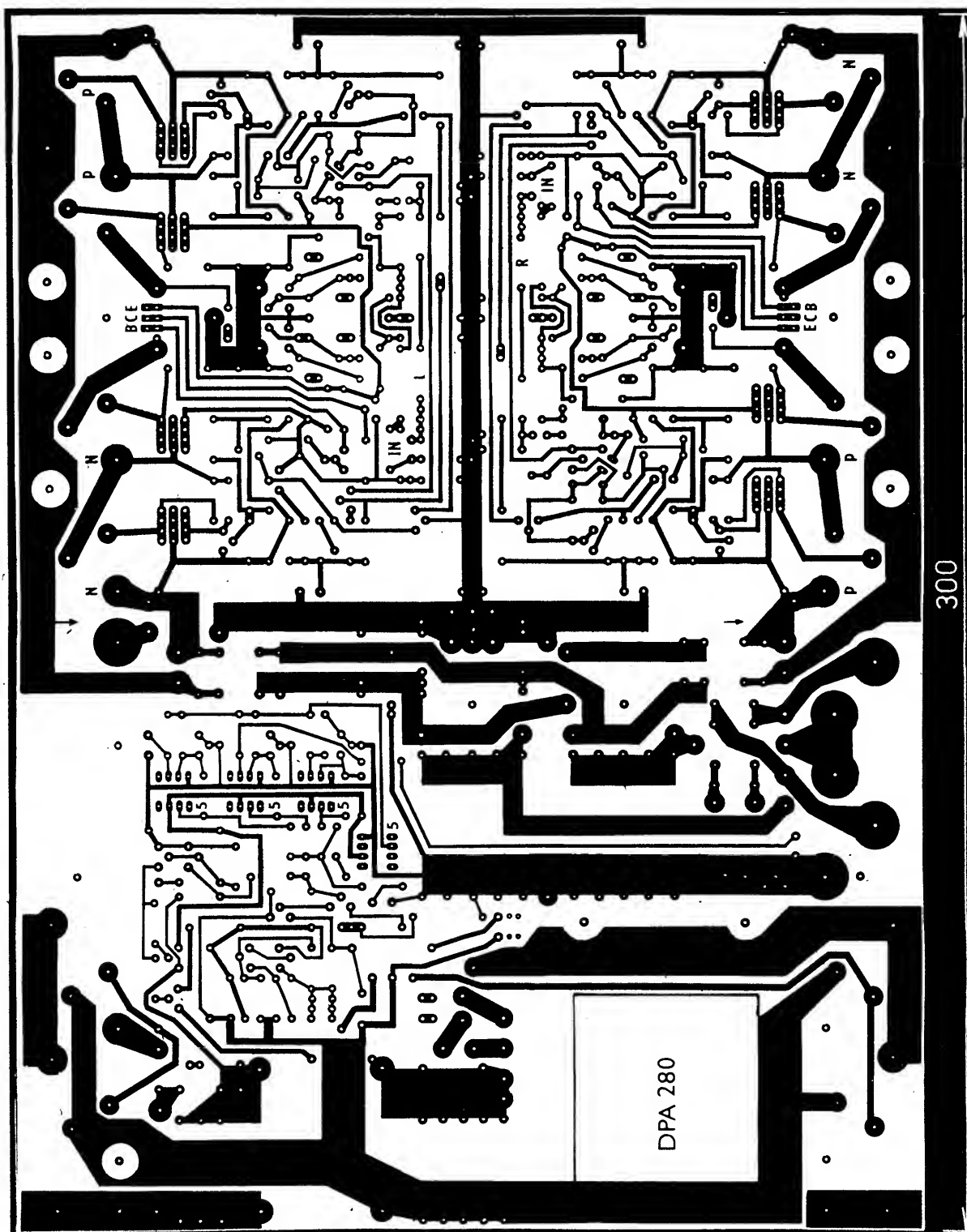
Seznam součástek (DPA 280)

Rezistory (TR 191, TR 151, TR 212)

R1, R46	1,8 k Ω
R2, R47	27 k Ω
R3, R48	100 Ω
R4, R49	3,9 k Ω
R5, R50	100 Ω
R6, R51	6,8 k Ω
R7, R52	2,2 k Ω
R8, R53	1,8 k Ω
R9, R54	1 k Ω , TP 010, 110
R10, R55	27 k Ω , 0,5 až 1 W
R11, R56	22 k Ω
R12, R57	5,6 k Ω , 2 % viz text, 0,5 W
R13, R58	220 Ω , 2 % viz text
R14, R59	6,8 Ω
R15, R60	100 Ω

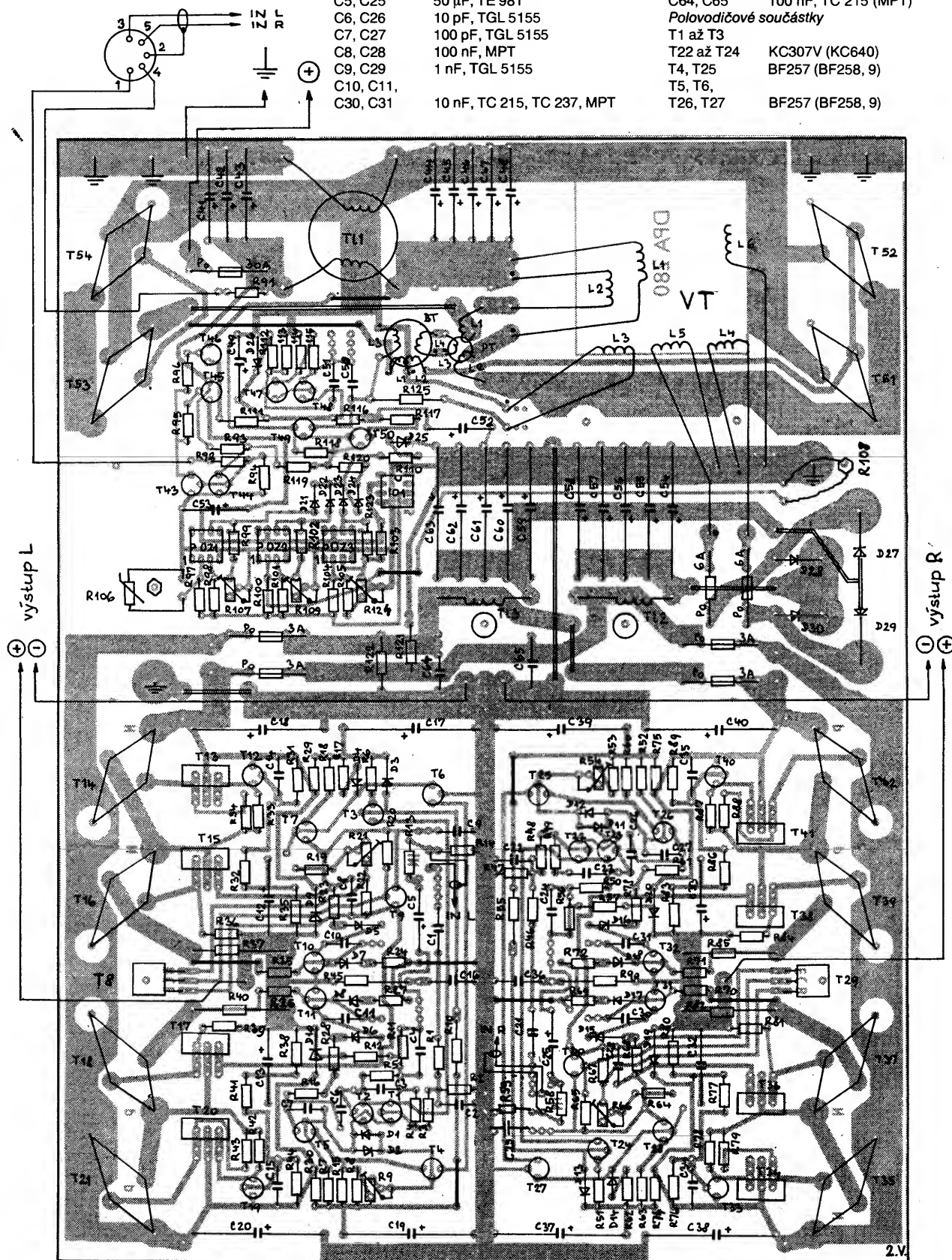
R16, R61	22 Ω
R17, R62	100 Ω
R18, R63	100 Ω
R19, R64	1,8 k Ω
R20, R65	1 k Ω
R21, R66	1 k Ω , TP 010, 110
R22, R67	680 Ω
R23, R68	39 Ω
R24, R69	2,2 k Ω
R25, R70	100 Ω
R26, R71	100 Ω
R27, R72	2,2 k Ω
R28, R73	39 Ω
R29, R74	10 Ω
R30, R75	10 Ω
R31, R76	2,2 k Ω , 0,5 W
R32, R77	820 Ω , 0,25 W
R33, R78	2,7 k Ω

R34, R79	47 Ω
R35, R80	1,5 k Ω , 0,5 W
R36, R81	47 Ω
R37, R82	0,2 Ω , konstantan, 5 W
R38, R83	1,5 k Ω , 0,5 W
R39, R84	47 Ω
R40, R85	0,2 Ω , konstantan, 5 W
R41, R86	820 Ω , 0,25 W
R42, R87	2,7 k Ω
R43, R88	47 Ω
R44, R89	2,2 k Ω , 0,5 W
R45, R90	12 Ω , 2 W
R91, R92	6,8 k Ω
R93, R94	6,8 k Ω
R95, R96	3,9 k Ω
R97, R98	1,5 k Ω
R99	3,9 k Ω
R100, R101	1,5 k Ω



Obr. 20. Deska Y304 s plošnými spoji DPA 280 (spojky drátem o \varnothing 0,5 mm – tlustá čára; 1,5 mm – dvě tenké čáry)

R102	3,9 kΩ	R115	390 Ω	C12, C13,	
R103	1 kΩ	R116	270 Ω	C32, C33,	47 μF, TF 009
R104	1,5 kΩ	R117	1,2 kΩ	C14, C15	
R105	1 kΩ	R118 až R120	6,8 kΩ	C34, C35	470 pF, TGL 5155
R106	1,5 kΩ, NR-62-1500	R121, R122	5,6 kΩ, 1 W	C16, C36	68 nF, TC 215, TC 237, MPT
R107	1,5 kΩ, TP 110, 011	R123	27 kΩ	C17 až C20	
R108	1,5 kΩ, NR-62-1500	R124	1,5 kΩ, TP 110, 011	C37 až C40	220 μF, TF 011
R109	1,5 kΩ TP 110, 011	R125	39 Ω, 2 W	C41 až C48	220 μF, TF 009
R110	1,2 kΩ, 0,25 W	<i>Kondenzátory</i>			
R111	680 Ω, 0,5 W	C1, C21	470 nF, TC 215, 205, MPT	C49	10 μF, TE 984
R112	4,7 kΩ	C2, C22	470 pF, TGL 5155	C50, C51	47 nF, TC 215 (MPT)
R113	3,9 kΩ	C3, C23	680 pF, TGL 5155	C52	20 μF, TE 984
R114	3,9 kΩ	C4, C24	470 nF, TC 215, 205, MPT	C53	10 μF, TE 986
		C5, C25	50 μF, TE 981	C54 až C63	220 μF, TF 011
		C6, C26	10 pF, TGL 5155	C64, C65	100 nF, TC 215 (MPT)
		C7, C27	100 pF, TGL 5155	<i>Polovodičové součástky</i>	
		C8, C28	100 nF, MPT	T1 až T3	KC307V (KC640)
		C9, C29	1 nF, TGL 5155	T22 až T24	BF257 (BF258, 9)
		C10, C11,		T4, T25	
		C30, C31	10 nF, TC 215, TC 237, MPT	T5, T6,	
				T26, T27	BF257 (BF258, 9)



T7, T28	KFY18 (KFY16) viz text
T8, T29	KD139 (135, 137)
T9, T30	KC636 (638, 640)
T10, T31	KFY46 (34)
T11, T32	KFY18 (16)
T12, T33	KFY46 (34)
T13, T34	KD139 (BD139)
T14, T35	KD607
T15, T36	KD139 (BD139)
T16, T37	KD607
T17, T38	KD140 (BD140)
T18, T39	KD617
T19, T40	KFY18 (16)
T20, T41	KD140 (BD140)
T21, T42	KD617
T43	KC507-9 (237-9)
T44	KC507-9 (237-9)
T45, T46	KFY18 (16)
T47	KC507-9 (237-9)
T48	BC177-9 (KC307-9)
T49	KC635 (637, 639)
T50	KC507-9 (237-9)
T51 až T54	KUX41N
D1, D2	
D11, D12	KA262 (libovolná Si)
D3, D13	KZ260/15
D4, D14	KA262 (libovolná Si)
D5, D6	
D15, D16	KY130/80
D7, D8	
D17, D18	KA262 (libovolná Si)
D9, D10	
D19, D20	KY132/150
D21 až D24	KA262 (libovolná Si)
D25	libovolná LED
D26	KZ260/6V8 (7V5)
D27 až D30	KYW31/150 viz text
I01	MAC01
OZ1 až OZ3	MAA741 (748)

Trumfky a transformátory

TI 1 – toroid o \varnothing 32 mm, H20, AL = 2440,
205 516 400 300 – Pramet Šumperk,
2 x 10 závitů, drát o \varnothing 2 mm, L = 420 μ H
(každé vinutí).
Jedno vinutí pravotočivé, jedno levotočivé.
Pod vinutí přímo na ferit namotat izolační
pásku, aby se vodiče neprodřely o ostré
hrany.

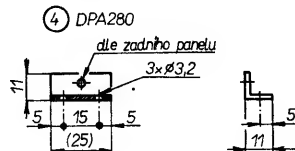
TI 2, TI 3 – hrníček o \varnothing 14 mm, H12, AL = 1500,
205 513 005 200 – Pramet Šumperk;
TI 2, TI 3 – 2,5 závitů, drát o \varnothing 1,5 mm, L = 13 μ H.

BT – toroid o \varnothing 10 mm, H12 (světle modrý),
205 516 400 300 – Pramet Šumperk;
L1 – 7 závitů drát o \varnothing 0,3 mm;
L2 – 7 závitů drát o \varnothing 0,3 mm;
L3 – 4 závitů drát o \varnothing 0,3 mm;
L4 – 4 závitů drát o \varnothing 0,3 mm.
Teflonová nebo PVC izolace, všechna vi-
nutí pravotočivá

PT – toroid o \varnothing 10 mm, H12 (světle modrý),
205 513 300 005 – Pramet Šumperk;
L1, 2 – 0,8 závitů drát o \varnothing 2 mm;
L3 – 9 závitů drát o \varnothing 0,3 mm.
Teflonová nebo PVC izolace, vinout levo-
točivě

VT – EC jádro 70 x 70 mm, H21,
205 513 300 005 – Pramet Šumperk;
L1, 2 – 2 x 10 závitů, drát o \varnothing 2 mm, vinout
bifilárně;
L3 – 5 závitů drát o \varnothing 0,3 mm, navinout po
celé šířce cívky, lanko-teflon nebo
PVC;
L4 – 36 závitů drát o \varnothing 1,5 mm;
L5 – 36 závitů drát o \varnothing 1,5 mm;
L6 – stínící vinutí nebo měděná folie (ne
závit na krátko!).

Jednotlivá vinutí prokládat izolačním
papírem.



Oživení

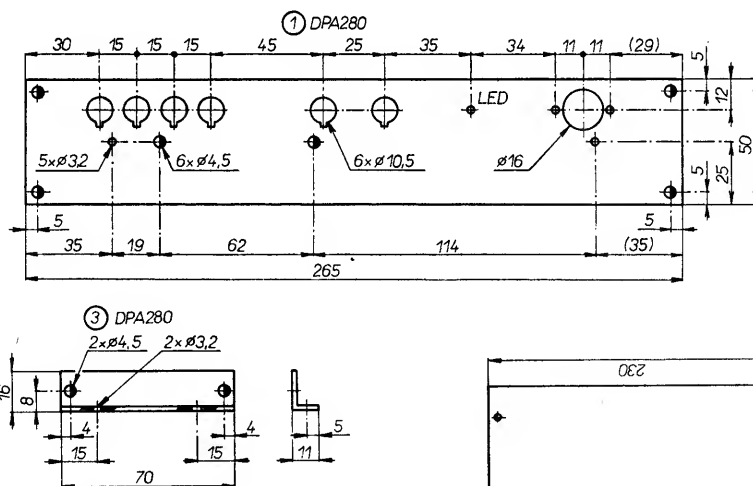
K oživení potřebujeme ss voltmetr, osci-
loskop, nf generátor, regulovatelný zdroj
0 až 20 V/3 A; pro snazší nastavení konco-
vého zesilovače regulovatelný ss zdroj 0 až
 ± 50 V; 200 až 300 W (například zdroj něja-
kého koncového zesilovače, jemuž předřa-
díme regulační transformátor) – tento zdroj
není ovšem podmínkou. Dodržíte-li popsany
postup prací, nejsou s oživením žádné
problémy.

- Při osazování plošného spoje nezapojíme
vinutí L3 výstupního transformátoru, dále
vinutí L3 proudového transformátoru
a kondenzátor C50.
- Před připojením napájení vyjmeme všechny
pojistky: Osadíme jen vstupní pojistku,
ale na menší proud asi 3 až 4 A.
- Na ss zdroji nastavíme napětí 15 V, zesi-
lovač připojíme a zapneme bezkontaktní
spínač (viz popis funkce).
- Zkontrolujeme ss napětí, tj. na kolektorech
T45 a T46 je plné napájecí napětí, na
výstupu IO1 je $10 \text{ V} \pm 100 \text{ mV}$.
- Zkontrolujeme funkci komparátorů: Otá-
čením trimrů R107, R109, R124 musíme
na výstupech OZ naměřit skokovou
změnu napětí z +2 V na asi +12 V a na-
opak; současně musí rozsvěcet a zha-
sínat LED D25.
- Komparátory OZ1 a OZ2 zablokujeme vy-
točením trimrů na minimální odpor; napá-
jecí napětí zvýšíme na $16 \text{ V} \pm 100 \text{ mV}$.
- Otáčením trimru R124 přepoklopíme výstup
komparátoru OZ3 na +12 V; zmenšíme-li
napájecí napětí na asi 15 V, komparátor
musí přepoklopit zpátky na asi +2 V.
- Zkontrolujeme funkci startovacího oscilá-
toru; napětí na D26 musí být $6,8 \pm 1 \text{ V}$.
Na výstupu (C51) je obdélníkový průběh
vyššího kmitočtu (10 až 15 kHz).
- Zdroj nastavíme na 12 V; zapojíme L3
výstupního transformátoru a osadíme
C50.
- Osciloskopem vidíme na kolektorech T51
až T54 obdélníkový průběh se značným
jehlovým překmitem na naběžné hraně.
Nekmitá-li oscilátor, zkontrolujeme orien-
taci všech vinutí transformátorů (nejspíše
je přehozen začátek a konec L3 VT).

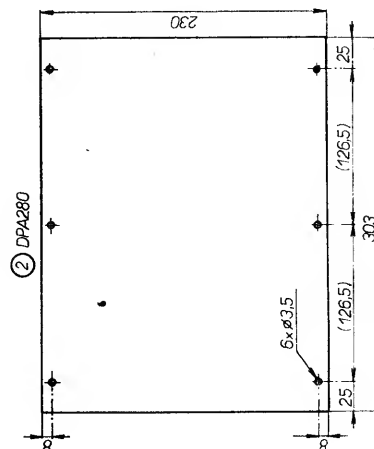
Kmitá-li oscilátor, zapojíme L3 PT. Při
správné orientaci vinutí se nepatrně
změní výstupní kmitočet, v opačném pří-
padě oscilátor přestane kmitat.

- Pomocí kalibrované časové základny
osciloskopu změříme kmitočet oscilátoru,
který má být asi $28 \text{ kHz} \pm 2 \text{ kHz}$. Kmitočet
lze v malém rozmezí měnit odporem re-
zistoru R125 (zmenšením kmitočet klesá
a naopak – rezistor musí být ale vždy di-
menzován na 2 W)!
- Napájecí napětí zmenšíme na nulu a osa-
díme pojistky 6 A na sekundárním vinutí
VT, kam současně připojíme osciloskop.
Ss voltmetr připojíme na výstup usměrňo-
vače (C54 až C58 nebo C59 až C63).
- Pomalou zvyšujeme napájecí napětí; při
asi 7 V začne oscilátor kmitat. Zkontrolu-
jeme symetrii výstupního ss napětí. Je-li
vše v pořádku, zvyšujeme napájecí napětí
až na 15 V, kdy výstupní ss napětí musí
být přibližně $\pm 50 \text{ V}$.
- Při dalším zvyšování napájecího napětí
musí oscilátor při překročení 16 V přestat
kmitat. Nestane-li se tak, zkontrolujeme
znovu funkci OZ3. Je-li vše v pořádku,
zmenšujeme napájecí napětí; při asi 15 V
musí oscilátor začít kmitat.
- Zkontrolujeme funkci vypínacího obvodu:
Při vypnutí zapínacího napětí musí osci-
látor přestat kmitat (viz popis funkce).
Kmitá-li i po vypnutí zapínacího napětí, je
příčina nejpravděpodobněji v malé (mi-
notolerantní) kapacitě kondenzátoru C52,
který má v obvodu funkci akumulátoru
energie – při vypnutí se uzavře T46,
proud potřebný k otevření T49 je proto
odebírá z tohoto kondenzátoru. Výko-
nový oscilátor musíme sice nastartovat
pomocným oscilátorem, v provozu jej ale
udržují vlastní kladné vazby. Vypnutí
startovacího oscilátoru proto na jeho
funkci nemá vliv, oscilátor vypne pouze
zkratováním vinutí L3 BT.

Je-li funkce měniče bezchybná, přistou-
píme k oživení výkonových zesilovačů.
Ideální způsob je použití externího regula-
vatelného symetrického zdroje. Přes všechnu
pečlivost, kterou věnujeme výrobě přístroje,
se může stát, že některá součástka je vadná.
Nepomůže ani jejich přeměření před osaze-



Obr. 21. Mechanické provedení DPA 280
(přední panel jako u DPA 410; přední úhelník
jako DPA 235 – délka 300 mm, stejný je i
držák spodního a horního krytu – délka
300 mm; provedení chladičů viz text;
1 – zadní panel: ocel tl. 0,8 až 1 mm;
2 – spodní a horní kryt: ocel tl. 0,8 až 1 mm;
3 – držák výstupního transformátoru: Al
profil tl. stěny 2 až 2,5 mm – mezi tento držák
a transformátor použít vložku z papíru tl.
0,3 mm a totéž mezi transformátor a zadní
panel; 4 – pomocný držák zadního krytu:
2 ks, Al profil tl. stěny 2 až 2,5 mm.



ním, neboť například špatné kontaktování součástky na vlastní vývody se zpravidla projeví až po tepelném šoku způsobeném pájením (velmi špatné – z tohoto hlediska – jsou v tomto ohledu rezistory řady TR 191). Ve výkonovém zesilovači, tedy obvodu, který pracuje s velkým napětím a velkými proudy, může vadná součástka v nepříznivějším případě způsobit i zničení celého obvodu. K oživování je proto vhodný zdroj s nastavitelnou proudovou pojistkou, který ale v amatérské praxi nebývá běžně dostupný (minim zdroj 0 až ± 50 V). Protože ani já nemám podobný zdroj k dispozici, používám nestabilizovaný zdroj ± 50 V/500 W, vybavený v každé větvi ampérmetrem a voltmetrem. Předradíme-li podobnému zdroji regulační transformátor, získáme ideální pomůcku pro oživování koncových zesilovačů. Vadnou součástku v obvodu prozradí zpravidla neúměrně zvýšený odběr proudu. Zvyšujeme-li napájecí napětí od nuly, zvýšený odběr se projeví často již při mnohem menším napětí a protože nárůst proudu nebývá téměř nikdy skokový, zjistíme tímto způsobem bezpečně, že v obvodu není něco v pořádku. Měřením napětí v různých bodech zapojení, při takovém odběru proudu, který nezpůsobí zničení obvodu (což je v případě koncových zesilovačů asi 0,5 A), vytipujeme zpravidla velmi rychle vadnou součástku. Ropsaný způsob oživování proto všem vřele doporučuji. Zesilovač můžeme nicméně oživit i bez této pomůcky, v tomto případě alespoň nahradíme pojistky v napájecích větvích (za usměrňovačem) asi desítkrát menší hodnotou (asi 300 mA).

- Trimr R9 nastavíme do přibližně střední polohy, trimr R21 na minimální odpor.
- Vyjmeme pojistky na sekundární VT a zesilovač připojíme (máme-li tuto možnost) na regulovatelný symetrický napájecí zdroj.
- Na vstup zesilovače přivedeme signál 1 kHz (500 mV), na výstup připojíme osciloskop.

Pomalu zvyšujeme napájecí napětí a kon-

trolujeme odběr proudu. Od napětí asi ± 10 V musí zesilovač začít pracovat, na výstupu se objeví symetricky limitovaný sinusový signál.

- Nezvyšuje-li se při zvyšování napětí odběr proudu příliš, můžeme napětí zvýšit až na ± 50 V, případně na maximální napětí, které nám zdroj umožňuje.
- Zkontrolujeme napětí na kolektorech T15 a T16 (T17 a T18), kde bychom měli naměřit přibližně polovinu napětí každé napájecí větve (tolerance ± 1 V je přijatelná). Dále zkontrolujeme ss napětí na výstupu a trimrem R9 nastavíme jeho nejmenší velikost. Budou-li zesilovací činitele tranzistorů prvního a druhého diferenciálního zesilovače přibližně stejné, lze výstupní offset vynulovat i pod ± 1 mV. Při nespárovaných tranzistorech může být offset i několik desítek milivoltů – přijatelný je ještě do ± 50 mV.
- Připojíme zátěž 4 nebo 8 Ω a zesilovač vybudíme na výstupní výkon minimálně 100 W/8 Ω , případně 150 W/4 Ω (napájení ± 50 V). Po několika minutách budou koncové tranzistory značně zahřáté. Buzení zmenšíme natolik, aby na výstupu bylo napětí asi 1 V a přepneme generátor na 10 kHz. Na výstupním signálu uvidíme přechodové zkreslení, které odstraníme trimrem R21. Správně nastavený zesilovač má klidový odběr asi 45 až 50 mA.
- Po oživení obou koncových zesilovačů můžeme odzkoušet přístroj jako celek. Protože stabilizovaný zdroj 30 A pravděpodobně nebude k dispozici, musíme použít dobře nabitý akumulátor. Při napětí 12 V musí být výstupní výkon asi 100 W/4 Ω , případně víc jak 120 W/4 Ω při 15 V. Odběr ze zdroje je značný (15 A při buzení jednoho kanálu), přívodní vodiče musí mít patřičný průřez (alespoň 4 mm²).
- Jako poslední nastavujeme tepelnou ochranu. Zesilovač vybudíme na plný výkon a počkáme, až se příslušný chladič ohřeje na asi 70 až 80 °C. Teplotu měříme

buď kontaktním teploměrem nebo, nemáme-li jej k dispozici, prostým přiložením prstu. Při této teplotě pomalu otáčíme trimrem R107 (R109) až se překloupí komparátor OZ1 (OZ2). Mění se zablokuje a nastartuje až tehdy, kdy se teplota chladiče patřičně zmenší (hystereze – viz úvod). Stejný postup opakujeme i u druhého kanálu zesilovače.

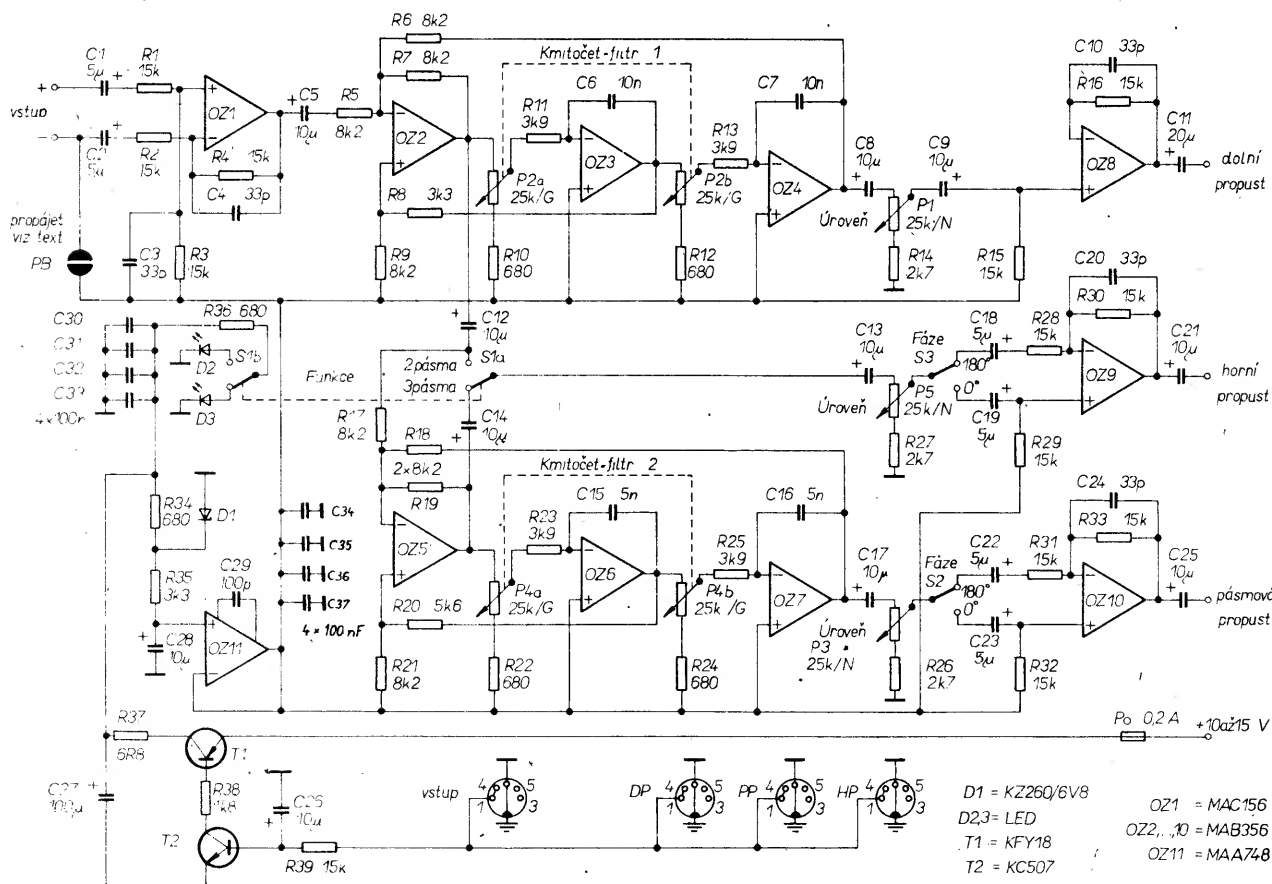
Stavba přístroje této třídy předpokládá jisté zkušenosti, proto jej nedoporučuji úplným začátečníkům. Zkušenějším určitě nebude realizace činit potíže. Byly postaveny čtyři kusy tohoto zesilovače s naprosto shodnými výsledky, potíže při oživování nebyly žádné. Před započítím stavby musíme ještě uvážit, v jakém režimu budeme zesilovač používat a podle toho volit velikost (výšku) chladiče. Osobně jsem zesilovač udělal stejně vysoký jako jeho slabší bratry popsané úvodem, tj. chladič má výšku 50 mm. Tento rozměr je dostatečný i pro velmi vysoký střední výstupní výkon, zvláště použijeme-li zesilovač ve vícepásmových aktivních soustavách. Budete-li chtít zesilovač provozovat prakticky stále na plný výkon, musíte volit výšku chladiče asi 75 až 100 mm. Jako chladič je použit prakticky jediný dostupný profil číslo 4611 (katalog Kovohutě Děčín). U menších zesilovačů jsou použity chladiče dva, u zesilovače DPA 280 čtyři (poslední žebro vždy jednoho z dvojice je odřezováno, takže celkové chladiče působí tak, jako by byl z jednoho kusu. Pro převod tepla z koncových tranzistorů na vlastní chladič slouží hliníkový úhelník 20 \times 30, číslo v katalogu 2640 (nebo jiný podobný profil).

DPX 223 (obr. 22)

Počet pásem: 3 nebo 2, stereo

Řešení filtrů: filtr se stavovou proměnnou (Butterworth).

Strmost: 12 dB/okt.



Obr. 22. Schéma zapojení DPA 223

Přeladitelnost:

hloubky – středy: 100 Hz až 4,5 kHz;
středy – výšky: 200 Hz až 9 kHz.

Pokles na dělicím kmitočtu:

hloubky – středy: 6 dB;
středy – výšky: 4,5 dB.

Kmitočtová charakteristika:

20 až 20 000 Hz \pm 0,5 dB;
200 kHz – 3 dB.

Zkreslení: < 0,01 % (1 V výstup, 20 až 20 000 Hz).

Odstup: > 90 dB (1 V výstup).

Zesílení: 1, regulace úrovně v jednotlivých pásmech 0 až –20 dB.

Vstup symetrický: $R_i = 30\text{ k}\Omega$.

Vstup nesymetrický: $R_i = 15\text{ k}\Omega$.

Maximální vstupní napětí: < 3 V.

Experimentování s pasívními výhybkami vícepásmových reproduktorových soustav je velmi složitý problém. Známe-li všechny parametry použitých reproduktorů, zdá se návrh a výpočet takové výhybky poměrně snadný. Při realizaci ale narazíme na řadu potíží, které mnohé od stavby odradí. (Jistotu možnosti je také koupě hotové výhybky například od podniku Elektronika, ale i zde je výběr malý a nemusí proto ve všech případech splňovat naše požadavky). I samotný návrh lze udělat podle několika kritérií, o čemž svědčí fakt, že ve stavbeních návodech nenajdeme prakticky dvě stejné výhybky pro stejné typy reproduktorů. Podaří-li se přesto výhybku a reproduktorovou soustavu realizovat, nelze v amatérské praxi posoudit, zda návrh byl optimální, neboť například přepínání dělicího kmitočtu nebo řízení úrovně v jednotlivých pásmech je v podstatě nemožné. Podobné experimentování si může dovést pouze výrobní podnik, který má mnohem větší možnosti, ale i tak se může stát, že soustava vykazující při měření v komoře velmi dobré parametry, se prostě poslechově nelíbí. Shrňme-li všechny okolnosti pro i proti, vychází jednoznačně jako nejlepší řešení reproduktorovou soustavu jako aktivní s přeladitelnou elektronickou výhybkou.

Přeladitelné elektronické výhybky se ve světě vyrábějí již řadu let, nejčastěji pro použití ve velkých ozvučovacích systémech, případně i pro domácí zařízení nejvyšších kvalit. S rozvojem reprodukcí techniky v automobilu se objevily i přístroje určené speciálně pro tuto aplikaci. V minulém roce bylo například na americkém trhu nabízeno asi třicet typů takovýchto výhybek, z nichž špičkové typy si nezadají s nejlepšími „síťovými“ přístroji. Dále popsaná výhybka představuje svými parametry přibližně spodní stupeň nejvyšší třídy zahraničních výrobků. Je rozumným kompromisem mezi požadovanými parametry a obvodovou složitostí, zvláště v ohledu na naši součastkovou základnu.

K přeladování dvou klasicky řešených filtrů druhého řádu (dolní a horní propusti) potřebujeme měnit velikost čtyř hodnot současně, jinak řečeno musíme například použít čtyřnásobného potenciometru, což v našich podmínkách nepřipadá v úvahu. Naštěstí existuje elegantní řešení, kterému pro tutéž funkci stačí potenciometr dvojnásobný. Principem obvodu, v zahraniční literatuře označovaného jako „state variable filter“ (filtr se stavovou proměnou), je zařazení dvou integrátorů se souběžně měnitelným mezním kmitočtem do zpětnovazební sítě operačního zesilovače. Na výstupu tohoto operačního zesilovače získáme výstup horní propusti, na výstupu druhého integrátoru výstup dolní propusti. Zařazením dalšího stejného zapojeného filtru za výstup horní propusti získáme propust pásmovou, jejíž dolní mezní kmitočet je dán kmitočtem první horní propusti, zatímco horní mezní kmitočet je dán naladěním druhého filtru. Přeladitelnost takto řešených filtrů je velmi

dobrá. Běžně se užívá rozsahu dvou dekád, není ovšem problém rozsah zvětšit. Lze jen litovat, že nejsou na našem trhu vícenásobné potenciometry, neboť uvedený obvod lze modifikovat i pro větší strmosti (18 i 24 dB/okt).

Popis zapojení

Výhybka má velmi dobré parametry, použití by proto jistě našla i v ozvučovacích systémech a bylo by možné ji přímo použít do aktivních reproduktorových soustav. Vstupní zesilovač je proto zapojen tak, aby umožňoval připojení signálu symetrickým vedením. V tomto případě nepropájíme bod (PB). V automobilu musíme signál připojit nesymetricky, tj. do vstupu označeného +. Pájecí bod propájíme a zesílení pak bude 6 dB, ale protože vstupní dělič (R1 a R3) zeslabuje signál také o 6 dB, výsledné zesílení bude jednotkové.

„State variable“ filtr tvoří operační zesilovač OZ2 až OZ4. Dělicí kmitočet filtru nastavujeme potenciometrem P1; s uvedenými součástkami jej lze přeladit od 100 Hz do asi 4,5 kHz (dolní kmitočet je dán skutečnou velikostí odporu dráhy potenciometru). Odpor rezistoru R8 určuje velikost poklesu kmitočtové charakteristiky na dělicím kmitočtu. Jak vyplývá z teorie, pro výhybky druhého řádu a nižší kmitočty je optimální pokles 6 dB, pro vyšší kmitočty pak 4,5 dB (velikost odporu odpovídajícího rezistoru ve druhém filtru je proto 5,6 k Ω). Při odporu rezistoru 8,2 k Ω je pokles 3 dB (protože lze velikost odporu přepínačem měnit, můžeme teorii snadno ověřit poslechovým testem). Za výstupem dolní propusti (OZ4) je potenciometr, kterým regulujeme úroveň dolního pásma, rozsah regulace je rezistorem R14 zmenšen na asi 20 dB, což v praxi dostačuje. Operační zesilovač OZ8 zaručuje nízkou výstupní impedanci.

Výstup horní propusti je přiveden na přepínač S1a a vstup druhého filtru. Výhybka pracuje jako dvoupásmová, je-li přepínač zapnut na výstup OZ2, nebo jako třípásmová, je-li přepnut na výstup OZ5. Funkce výhybky je indikována diodami LED, D2 a D3. Úroveň horního pásma řídí potenciometr P5, za ním následuje přepínač S3, kterým můžeme volit fázi výstupního signálu. Zesílení OZ9 je v obou případech jednotkové. OZ5 až OZ9 tvoří druhý filtr přeladitelný od 220 Hz do 9 kHz. Rozsah přeladění filtrů překrývá v obou případech (dvou i třípásmová funkce) všechny běžné používané dělicí kmitočty. Rozsah regulace úrovně v jednotlivých pásmech plus možnost otáčení fáze ve středním a nejvyšším pásmu činí výhybku velmi univerzální.

Při nesymetrickém napájení operačních zesilovačů a zvláště pak tehdy, je-li jich v zařízení větší počet, je výhodné utvořit umělou (plovoucí) „zem“, neboť zapojení se tím velmi zjednoduší. Tomuto účelu slouží ve výhybce OZ11, zapojený jako napěťový sledovač. Referenční napětí na vstupu tohoto zesilovače je stabilizováno Zenerovou diodou D1 na asi 7 V (velikost napětí není kritická, může být v toleranci ± 1 V). Případná rušivá napětí v napájecí větvi jsou potlačena filtrem R35, C28. Na výstupu OZ11 je ss napětí asi 7 V. Z hlediska střídavého napětí se všechny operační zesilovače chovají tak, jako by byly napájeny napětím asi ± 7 V.

Odběr proudu výhybky je malý, řádově desítky mA. Napájecí napětí můžeme proto spínat bezkontaktně tranzistory T1 a T2. Proudový náraz při zapnutí zmenšuje R37, průnik rušivého napětí po zapínacím vodiči potlačuje C26. Přístroj je zapínán dálkově, zapínací napětí je přivedeno i do všech výstupních konektorů, lze tedy zapnout

celou vícepásmovou kombinaci (výhybku i zesilovače) naráz jedním kontaktem.

Relativně značná složitost výhybky, případně potřeba shodného rozměru s ostatními přístroji, vedla při vlastním návrhu k použití více desek s plošnými spoji. Propojeny jsou nepřímými konektory, přístupnost a případná opravitelnost je velmi dobrá. V případě použití výhybky v aktivních reproduktorových soustavách lze všechny desky s plošnými spoji přepájit a každý kanál použít samostatně; proto je i dálkové zapínání v obou kanálech odděleno.

Na obr. 23 až 26 jsou desky s plošnými spoji elektronické přeladitelné výhybky DPA223. Na obr. 27 jsou mechanické výkresy.

Všechny přepínače jsou umístěny na zadním panelu (manipulace s nimi není častá), potenciometry a diody LED na panelu předním (toto rozmístění si vynutila potřeba co nejjednodušších plošných spojů). Potenciometry by měly být typu TP 163, které ale bohužel (ač jsou ve výrobním programu již několik let) nejsou na trhu k sehnání. Naštěstí lze použít jim příbuzné typy TP 169, aniž by to přineslo větší problémy. Úprava je prostá – na pájecí očka potenciometrů připájíme kousky vodičů, s nimiž potenciometry zapojíme do desky s plošnými spoji. Menší mechanická pevnost takového řešení nevadí, protože potenciometry drží ještě pomocný úhelník. Návrh uspořádání předního a zadního panelu je na obr. 28.

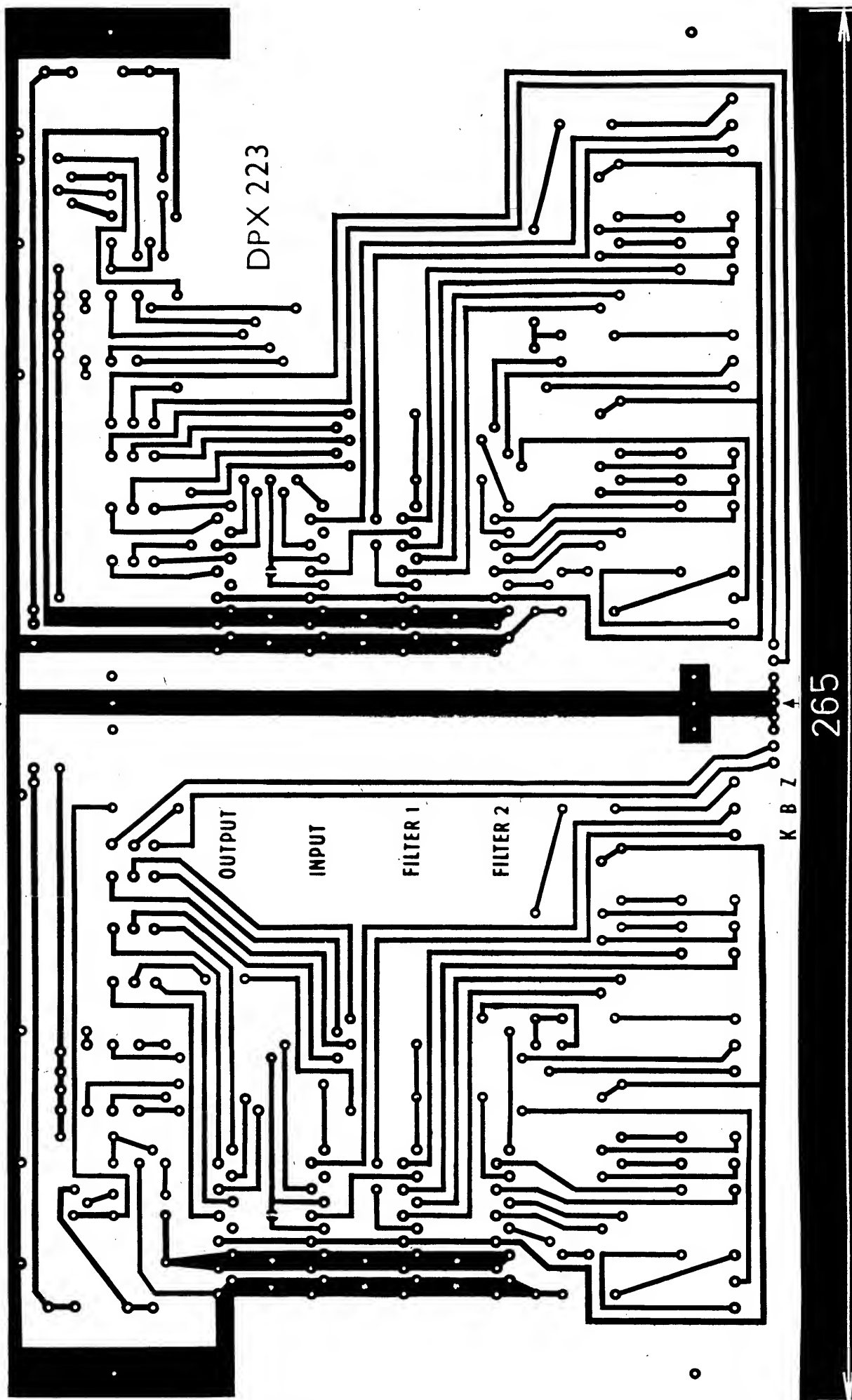
Oživení

Před zapájením je vhodné přezkontrolovat všechny operační zesilovače v nějakém jednoduchém přípravku, protože ve filtrech jsou pak stejnoměrně vázané a vadný kus se proto obtížně hledá.

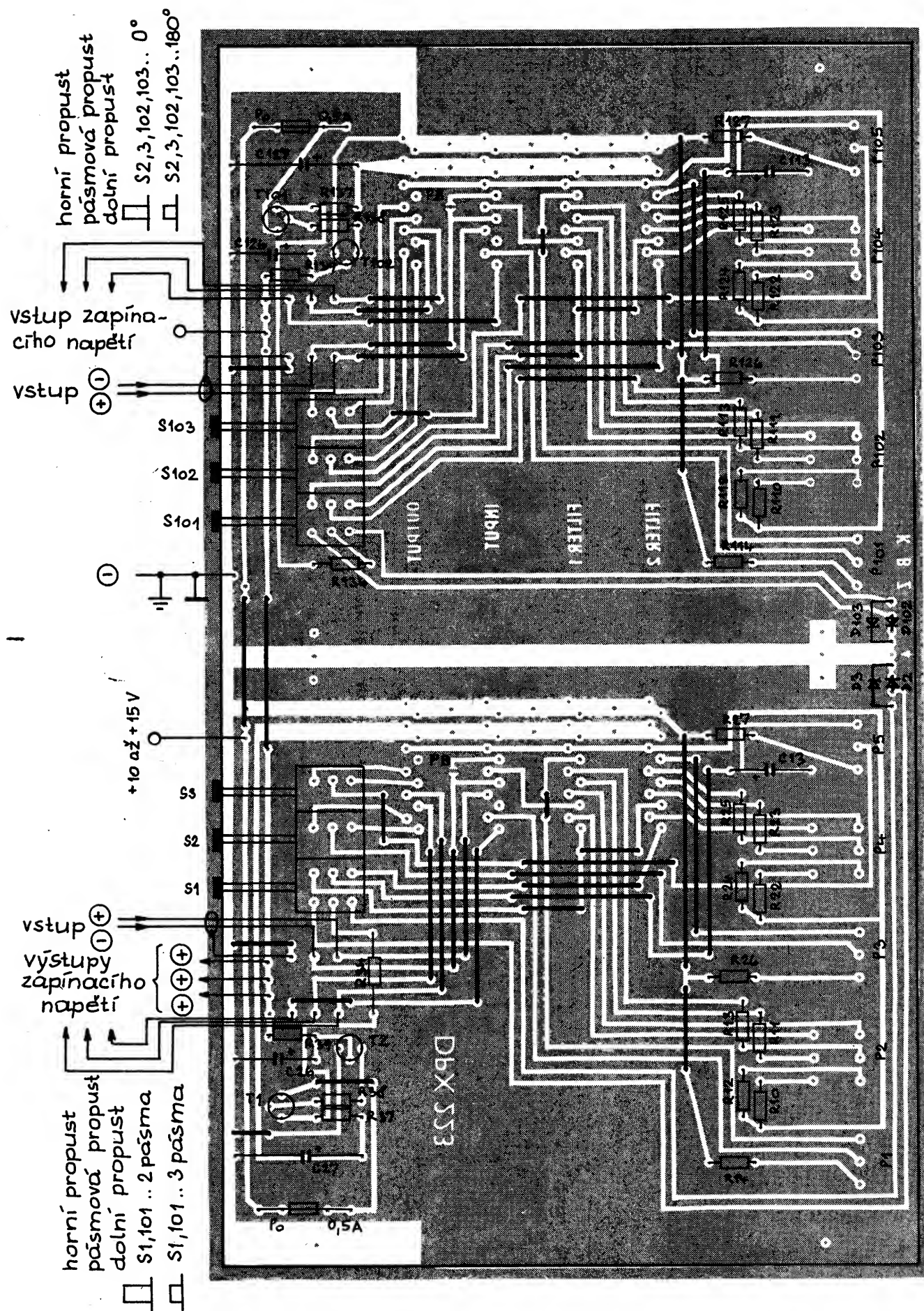
Při ožívání zkontrolujeme ss napětí na výstupu OZ11, případně i ss napětí na výstupech ostatních zesilovačů. Napětí by měla být všude prakticky shodná, tj. asi 7 V (dioda D1 – viz popis funkce). Zkontrolujeme i přeladitelnost jednotlivých filtrů, nezapomeneme ovšem, že mají různý pokles na dělicím kmitočtu (6 dB první filtr a 4,5 dB druhý filtr). S oživením nejsou problémy, zapojení je naprosto stabilní, bez náchylnosti k oscilacím, a to jak při použití OZ typu MAC156 (MAB356), tak i TL081(71), případně B081.

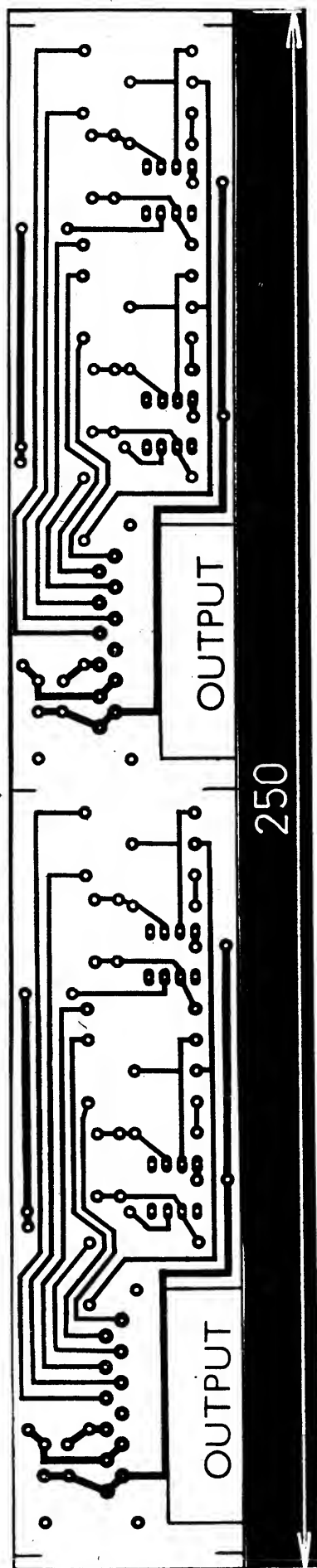
Instalace a zapojení zesilovačů v automobilu

Automobil se svým omezeným prostorem nedává příliš mnoho možností na umístění zesilovačů. Varianty jsou v podstatě pouze dvě, a to buď zavařadlový prostor, nebo, což je případ vozů Skoda, prostor za zadními sedadly. Nejčastěji je používána kombinovaná varianta, tj. přístroje jsou umístěny na přepážku oddělující zavařadlový prostor od prostoru pro cestující. Vlastní mechaniku přístrojů můžeme proto udělat dvěma způsoby. Předpokládáme-li umístění na dělicí přepážku, uděláme tzv. „patkovou“ mechaniku, to jest přední a zadní panel přístrojů bude z hliníkového profilu tvaru L (i většina vyráběných přístrojů je takto řešena). Máme-li k dispozici více místa, případně chceme-li použít několika přístrojů (například vícepásmová reprodukce), můžeme zesilovače umístit nad sebe do stojánku (obdoba standardního 19" upevnění, pochopitelně ovšem patřičně zmenšená). Při tomto způsobu je přední i zadní panel rovný, v předním jsou jen zářezy pro upevnění do rámu. S ohledem na tuto variantu mají proto všechny přístroje stejné obrysové rozměry

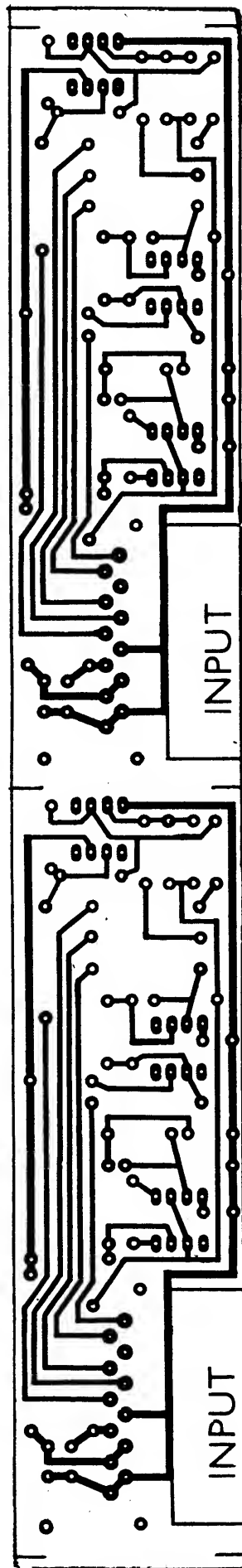


Obr. 23. Deska Y305 s plošnými spoji DPX 223 – základní deska

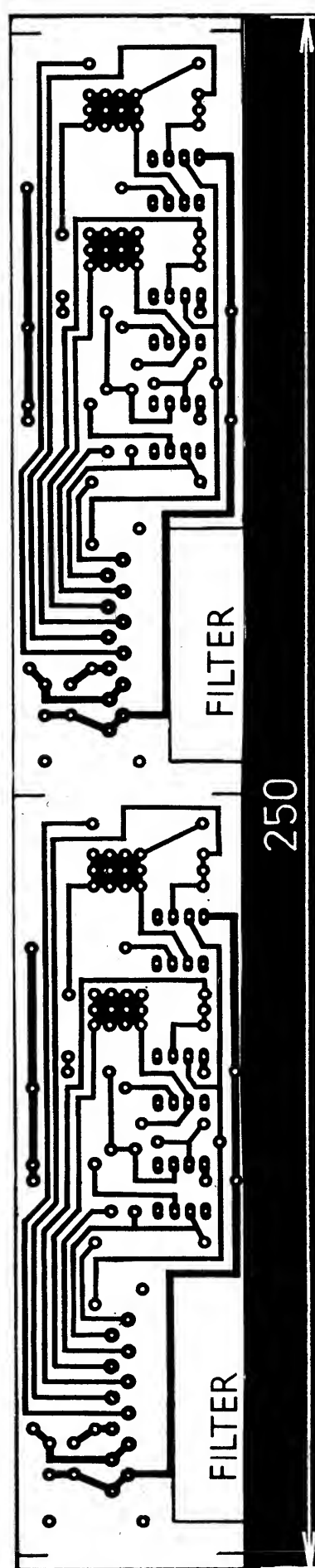




Obr. 25. Deska Y306 s plošnými spoji DPX 223 – výstupy



Obr. 24. Deska Y307 s plošnými spoji DPX 223 – vstupy



Obr. 26. Deska Y308 s plošnými spoji DPX 223 – filtry

Seznam součástek (DPX 223)

(pro jeden kanál – součástky druhého kanálu s indexem sto)

Rezistory (TR 191, TR 151 – 5 %)

R1 až R4	15 kΩ
R5 až R7	8,2 kΩ
R8	3,3 kΩ
R9	8,2 kΩ
R10	680 Ω
R11	3,9 kΩ
R12	680 Ω
R13	3,9 kΩ
R14	2,7 kΩ
R15, R16	15 kΩ
R17 až R19	8,2 kΩ
R20	5,6 kΩ
R21	8,2 kΩ
R22	680 kΩ
R23	3,9 kΩ
R24	680 Ω
R25	3,9 kΩ
R26, R27	2,7 kΩ
R28 až R30	15 kΩ
R31 až R33	15 kΩ
R34	680 Ω, 0,5 W
R35	3,3 kΩ
R36	680 Ω, 0,5 W
R37	6,8 Ω
R38	1,8 kΩ
R39	15 kΩ

Kondenzátory

C1, C2	5 μF, TE 984
C3, C4	33 pF, TGL 5155
C5	10 μF, TE 984
C6, C7	10 nF, TC215, 235, MPT, 5 %
C8, C9	10 μF, TE 984
C10	33 pF, TGL 5155
C11	20 μF, TE 984
C12, C13	10 μF, TE 984
C15, C16	5 nF, TC 215, 235–7, MPT, 5 %
C17	10 μF, TE 984
C18, C19	5 μF, TE 984
C20	33 pF, TGL 5155
C21	10 μF, TE 984
C22, C23	5 μF, TE 984
C24	33 pF, TGL 5155
C25	10 μF, TE 984
C26	10 μF, TE 981 (984)
C27	100 μF, TE 984
C28	10 μF, TE 984
C29	100 pF, TGL 5155
C30 až C33	100 nF, TK 783
C34 až C37	100 nF, TK 782 (783)

Potenciometry

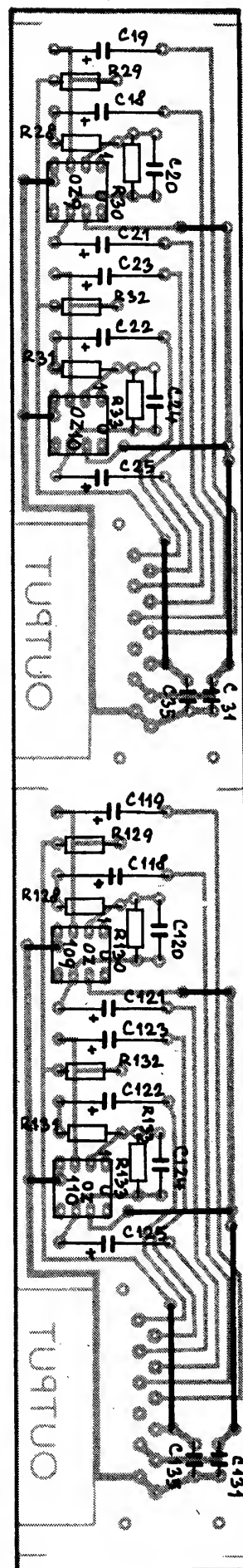
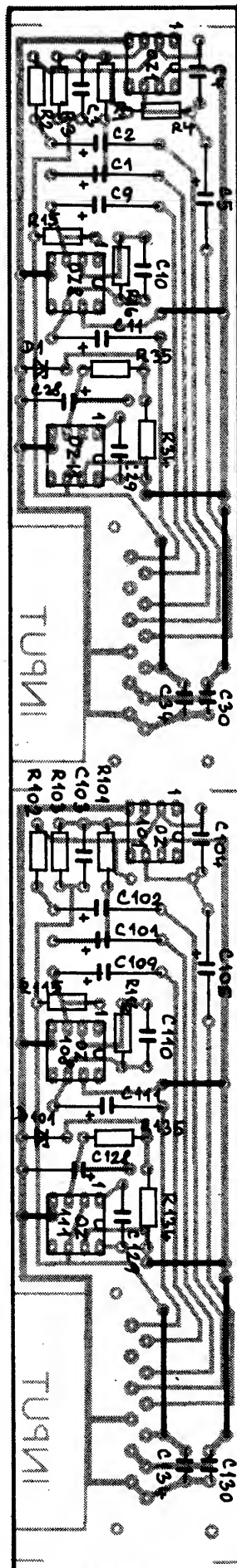
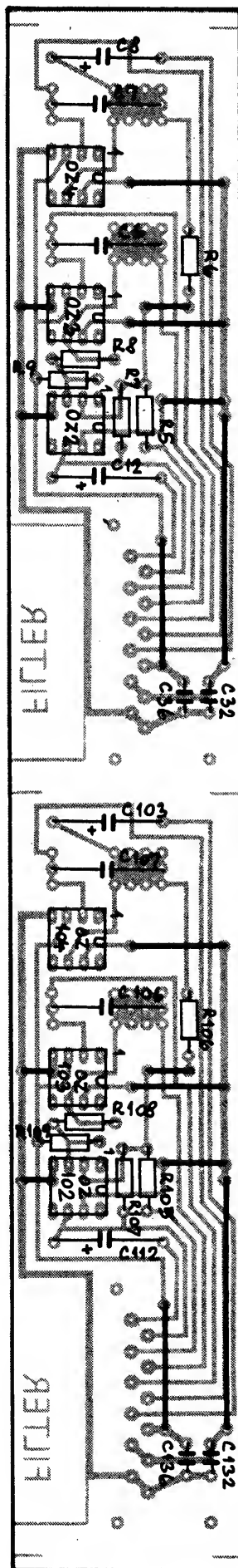
P1	25 kΩ/N, TP 160
P2	2 × 25 kΩ/G, TP 169
P3	25 kΩ/N, TP 160
P4	2 × 25 kΩ/G, TP 169
P5	25 kΩ/N, TP 160

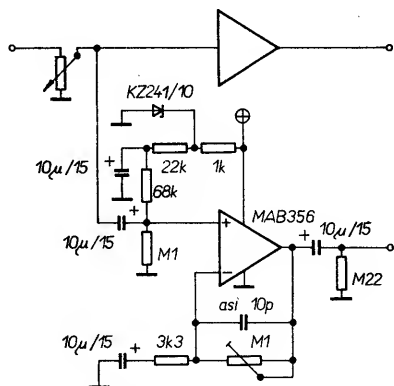
Polovodiče

T1	KFY18 (KFY16, KF517)
T2	KC507–9 (237–9)
OZ1	MAC156 (155, MAB355, 356, B081)
OZ2 až OZ10	MAB356 (355, MAC155, 156, B081)
OZ11	MAA748 (741)
D1	KZ260/6VB (7V5)
D2	libovolná LED

Ostatní součástky

S1 až S3 isostat
Konektor WK 46539 (40) 8 ks
Konektor WK 46205 (06) 8 ks
vstupní a výstupní konektory 5 ks
napájecí svorky – viz text 2 ks





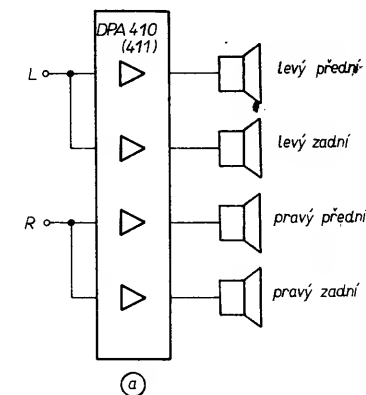
Obr. 29. Schéma předzesilovače

Závěr

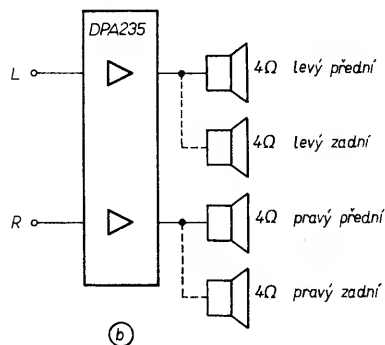
Popsané přístroje umožňují vybudování velmi kvalitní reprodukční soustavy v automobilu. Všechny lze vzájemně kombinovat, jak ukazují příklady zapojení na obr. 30. Reprodukovatelnost je výborná, byla ověřena postavením minimálně dvou kusů od každého zapojení a za uváděné parametry ručním. Bude-li mezi čtenáři zájem, mohou tuto řadu přístrojů rozšířit i o další typy, jako například pásmový korektor, výhybku s pevnými kmitočty 18 dB/okt a kvalitní řídicí zesilovač. Musím ovšem předem upozornit, že základním kritériem při návrhu takovýchto přístrojů bude maximální kvalita, takže se nebude jednat o jednoduchá a laciná zařízení.

Větší výkon zesilovačů umožňuje použití méně účinných, ale kvalitnějších reproduktorů. Z našich typů vřele doporučuji nové širokopásmové reproduktory ARO 4504, zvláště ve spojení se zesilovači DPA 410 a 411. Jako dvoupásmovou kombinaci doporučuji použití „klasického“ širokopásmového reproduktoru ARO 6604 (ARE 6604) na místě hloubkového reproduktoru a ARV 3604 na místě reproduktoru výškového. Výkonnější zesilovače DPA 235 a 280 umožňují i použití reproduktorů s poddajným závěsem, které jsou pochopitelně méně účinné. V této souvislosti musím ještě poznamenat, že kromě špičkových zahraničních typů reproduktorů, cenově ovšem velmi těžko dostupných, jsem v automobilu neslyšel nic co by „hrálo lépe“, než naše reproduktory (to platí hlavně o reproduktorech, dovážených podnikem Tuzex).

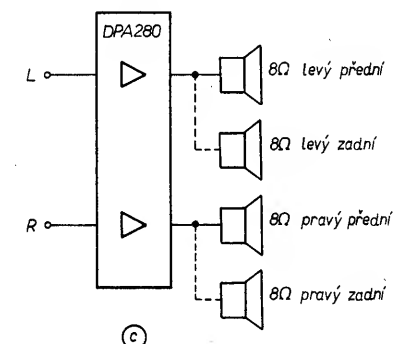
Vyskytnou-li se při stavbě zesilovačů nějaké problémy s nimiž si nebudete vědět rady, rád pomohu (nejlépe při pravidelných schůzkách 031. ZO bývalého Svazarmu).



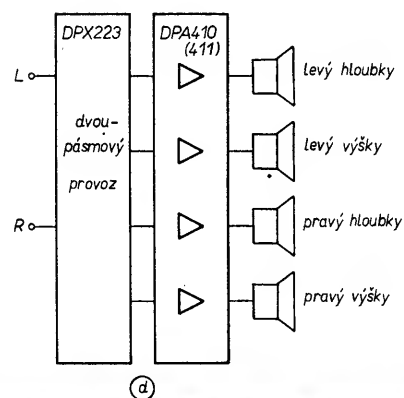
(a)



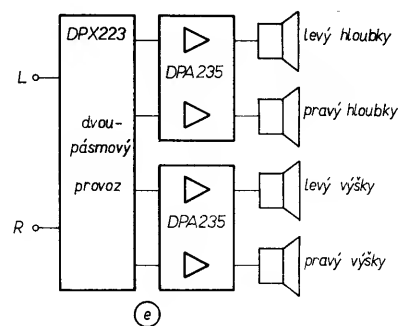
(b)



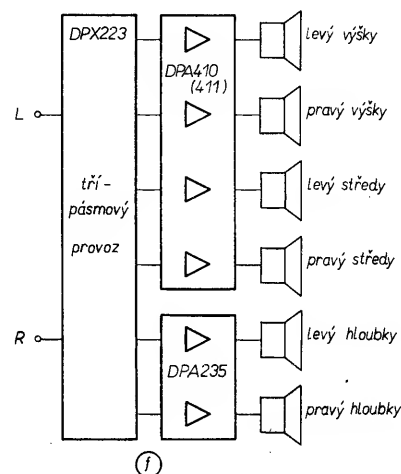
(c)



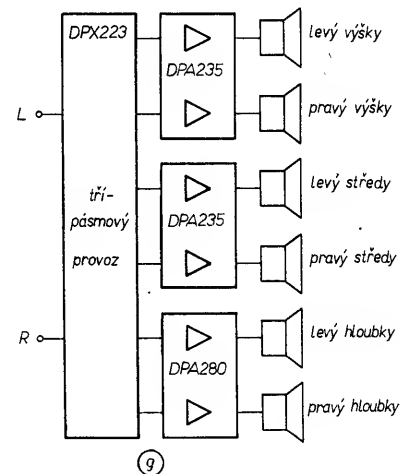
(d)



(e)



(f)



(g)

Obr. 30. Příklady zapojení a max. dosažitelný výkon (a – 40 W; b – 45 W/4 Ω, 70 W/2 Ω; c – 120 W/8 Ω, 160 W/4 Ω; d – 40 W; e – 90 W/4 Ω, 140 W/2 Ω; f – 85 W/hloubky 4 Ω, 110 W/hloubky 2 Ω, g – 250 W/vše 4 Ω, 300 W/hloubky 4 Ω a ostatní 2 Ω)

Družicový přenosový systém v pásmu 30/20 GHz

Čtyři mobilní pozemní stanice pro družicový přenos televizních signálů v pásmu 30/20 GHz vyrobí na základě mezinárodního konkursu spolkové pošty NSR firma Dornier GmbH, Friedrichshafen, NSR. Dodávka prvních pozemních stanic tohoto typu

má investiční hodnotu asi 7 miliónů DM. Mobilní pozemní stanice budou schopny přenášet televizní přenosy např. ze sportovních stadiónů či velkých společenských hal, čímž bude možno vysílat „živý“ program přímo přes družicový vysílač, nebo přes družice do rozhlasových a televizních technických středisek. Mobilní pracoviště bude postaveno na speciálním podvozku, kde bude instalována provozní kabina a nastavitelná vysílací anténa. Jednou z podmínek konstrukce stanice je rychlost jejich uvádění do provozu. Od okamžiku přistavení pod-

vozku s pozemní stanicí na místo určení do doby navázání spojení přes družici nesmí uplynout více než dvě hodiny. Stanice pracují v mikrovlnném pásmu Ka, směrem k družici vysílají v kmitočtovém pásmu 30 GHz, družicové vysílání přijímají v pásmu 20 GHz. Uvedená nová kmitočtová pásma byla zvolena z důvodu přeplnění televizního pásma 12 GHz.

Sž

Elektrotechnik (NSR), 1989, č. 1

CYKLOVAČ STĚRAČŮ S PAMĚTÍ PRO ŠKODA-FAVORIT

Ing. Václav Hošek

V AR-A č. 8/89 byl popsán cyklovač stěračů pro vozy Š 105 až 130, jehož hlavní výhodou je ovládání doby cyklu stěračů přepínačem stěračů vozu, bez nutnosti montáže dalšího ovládacího prvku do přístrojové desky vozidla. Vzhledem k odlišnému zapojení obvodu stěračů u Škoda-Favorit nelze toto zapojení použít bez většího zásahu do kabeláže vozu. Využil jsem principu zapojení z AR-A č. 8/89 a zkonstruoval cyklovač tak, že je možné umístit jej do objímky cyklovače na rozvodné desce vozu. V zapojení jsem pro ovládání motorku použil relé pro lepší vlastnosti při doběhnutí a brzdění motorku.

Problémem při stavbě cyklovače je malý prostor, takže půdorys cyklovače nesmí být větší než 50 × 50 mm.

Popis činnosti

Blokové schéma zapojení je na obr. 1 a obsahuje oscilátor, dva binární čítače s možností přednastavení (jeden čítá vpřed, druhý vzad) a řídicí obvod s klopným obvodem pro ovládání relé.

Popis činnosti IO1, IO2 a oscilátoru po zapnutí napájecího napětí odpovídá popisu v AR-A č. 8/89. Podrobné schéma zapojení je na obr. 2.

Činnost zapojení cyklovače

Přepnutím spínače stěračů S do polohy cyklovač, CY, se na vývodu C konektoru cyklovače objeví napětí +12 V. T2 sepne a C4 se vybije přes D5, R7, T2. Tím přejde vstup 13 hradla H5 do úrovně H a se zpožděním, daným vybíjením C4, přejde vstup 12 hradla H5 z úrovně H na L a na

výstupu H5 vznikne impuls úrovně L, který nastaví klopný obvod KO, tvořený hradly H6 a H7. Výstup H7 přejde na úroveň L a výstup H8 na úroveň H, čímž se otevře T5 a sepne relé Re. Kontakty Re propojí vývody C a M konektoru a motorek se rozběhne. Jakmile se přepne dobohový kontakt DK v převodce motorku, objeví se na DK +12 V, sepne T4 a nuluje KO. Re odpadne a jeho kontakt spojí DK a M. Tím je motorek „držen“ pod napětím a dokončí kv. Po doběhnutí do klidové polohy stěračů přepne DK z +12 V na kostru a zabrzdí motorek, T4 se zavře a umožní další nastavení KO. Po dobu, kdy je na M +12 V, je oscilátor z hradel H1, H2, H3 blokovan tranzistorem T3. Jakmile na M zmizí napětí, zavře se T3, roz-

běhne oscilátor a čítače mění své stavy až do vynulování IO2 nebo nastavení cyklovače novým zapnutím spínače stěračů S.

Vynulováním IO2 přejde výstup CO integrovaného obvodu IO2 na úroveň L a následující sestupnou hranou signálu oscilátoru se otevře T1, který přes R5, H5 nastaví KO a spustí motorek. Současně se přes R5, D6 nabije C5 a přes R6 i C4. Stav IO1 se přenesou na IO2, jeho CO přejde do úrovně H a T1 se zavře, C4 se vybije přes D5, R7, T2. Následně se vybije C5, přes H9 se vynuluje IO1 a celý cyklus se opakuje.

Nastavení a vypnutí cyklovače je popsáno v AR-A č. 9/89.

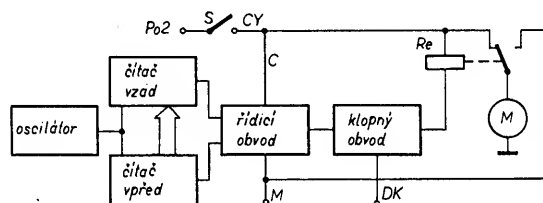
Při vypnutí cyklovače se ihned odpojí napájecí napětí pro relé Re a to odpadne do klidové polohy a propojí DK a M.

Ovládání cyklovače

Cyklovač po zapnutí přepínačem stěračů do polohy „cyklovač“ vykoná jeden kv stěračů. V době, kdy řidič potřebuje opět setřít přední sklo, vypne a znovu zapne přepínač stěračů do polohy „cyklovač“. Tím si cyklovač nastaví interval a dále pracuje automaticky. Doba cyklu lze zkrátit opětovným vypnutím a zapnutím stěračů v požadovaném okamžiku. Doba cyklu lze prodloužit vypnutím před spuštěním motorku a opětovným zapnutím v požadovaném okamžiku.

Vestavění cyklovače do vozu

Favorit má konektor pro připojení cyklovače na rozvodné desce, obr. 3. Zde je nutno do volné pozice N objímky konektoru zasunout zkrácený plochý konektor s vylosovaným výstupkem proti vysunutí a na něj připojit trvale +12 V od pojistky 2. Nejlépe je

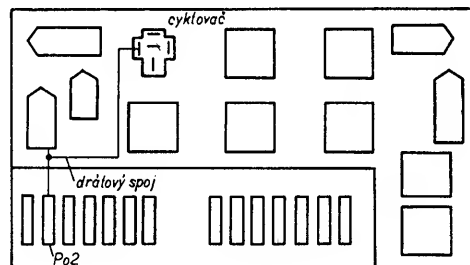


Obr. 1. Blokové schéma cyklovače

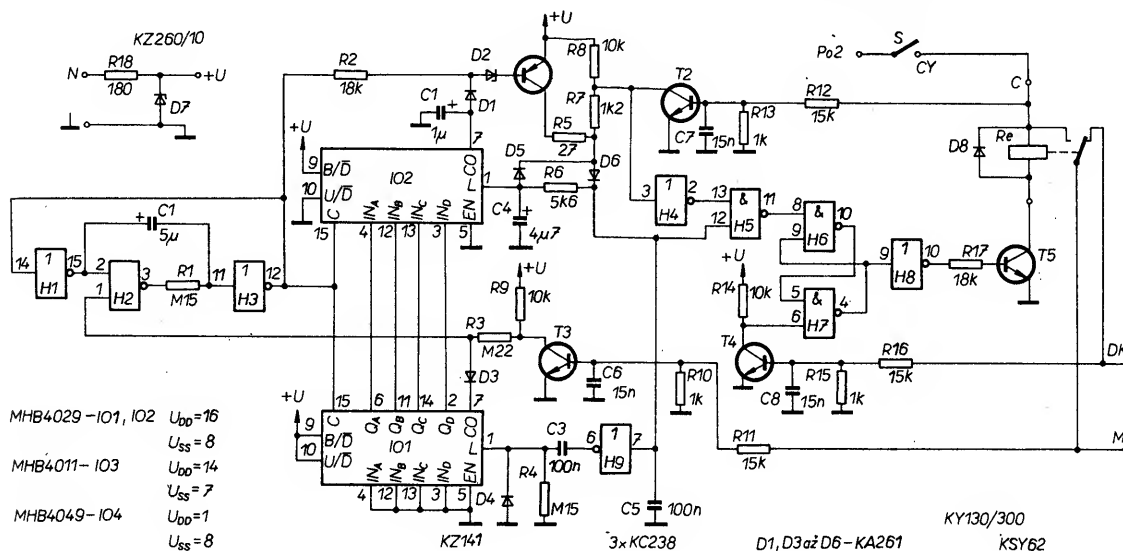
konektor cyklovače

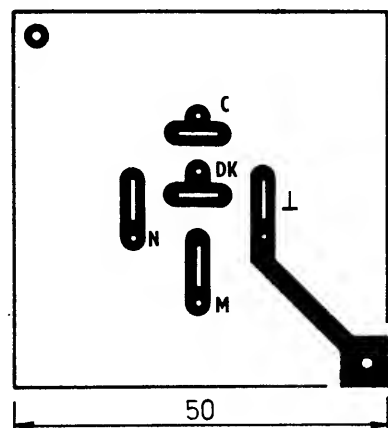
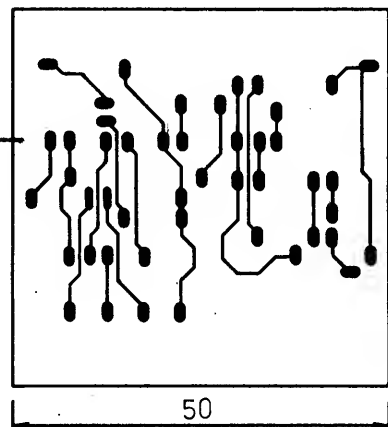
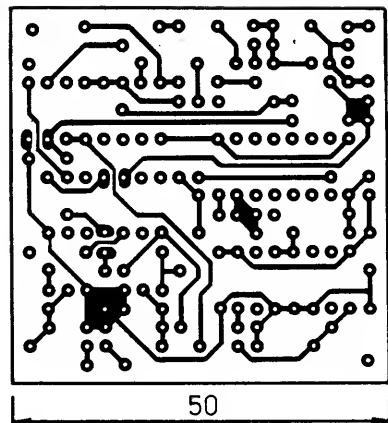
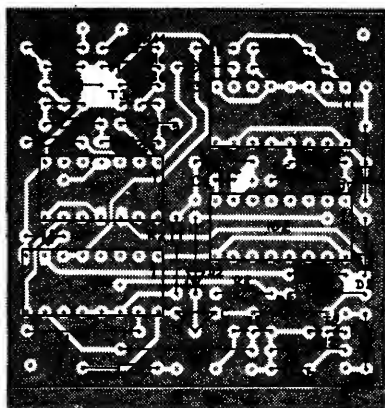


C – cyklovač
DK – dobohový kontakt
M – motorek
⊥ – kostra vozu
N – neobsazeno
vložení kontakt



Obr. 3. Rozvodná deska vozu; C – cyklovač, DK – dobohový kontakt, M – motorek, ⊥ – kostra vozu, N – neobsazeno, vložení kontakt





Obr. 4. Deska s plošnými spoji cyklovače (Y309) a její osazení součástkami a deska Y 310 konektoru cyklovače

po vyjmutí rozvodné desky z vozu vyvrtat díru o průměru 1,2 mm pod pravými kontakty levého spodního 8pólového konektoru a sem připájet vodič od kontaktu N cyklovače, viz obr. 3.

Poznámky k realizaci

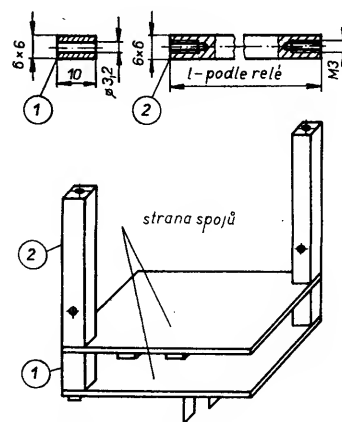
Cyklovač je postaven jako zásuvný modul do rozvodné desky vozu, upravené podle obr. 3. Stabilizátor R18, D7 chrání IO CMOS před napěťovými špičkami vznikajícími spínáním a rozpináním motorku, které jinak spolehlivě zničí všechny IO. Na pozici C1 je nutno použít hliníkový elektrolytický kondenzátor. Jako konektor cyklovače slouží nože plochých konektorů, zapájené do spodní desky cyklovače, která je spojena s deskou logiky cyklovače vodiči. Na místě Re je možno použít libovolné relé 12 V s přepínacím kontaktem pro proud 3 A, které se vejde do půdorysu 50 × 50 mm. Druh relé určuje výšku cyklovače a způsob připevnění (např. LUN, kontakty spojeny paralelně). Relé je spojeno s deskou logiky vodiči. Výkres desky konektoru cyklovače, dvouvrstvé desky s plošnými spoji cyklovače a osazovací schéma je na obr. 4. Spoje obou stran desky, které musí být propojeny, je třeba propájet kousky drátu (před osazením součástek), připájeným shora k příslušnému spoji a protaženým dírou pro součástku. To umožňuje pájet součástky jen ze strany spojů.

Mechanická sestava cyklovače je na obr. 5. Velikost pláště cyklovače a délka sloupků je závislá na velikosti použitého relé. Rezistor R1 lze použít v rozsahu 150 až 270 kΩ, čemuž odpovídá maximální doba cyklu asi 30 až 60 s. Dioda D8 je připájena přímo na vývody cívky relé Re. Vzhledem ke stísněné montáži je třeba použít miniaturní součástky.

Seznam součástek

Polovodičové součástky

IO1, IO2	MHB4029
IO3	MHB4011
IO4	MHB4049
T1	KC308
T2, T3, T4	KC238
T5	KSY62
D1, D3 až D6	KA261



Obr. 5. Mechanická sestava cyklovače. Plášť zhotovit z plechu tl. 0,5 mm. Re připevnit ke sloupkům, sloupky z ocelové tyče 6 × 6 mm

D2	KZ141
D7	KZ260/10
D8	KY130/300

Rezistory (TR 191)

R1	150 až 270 kΩ
R2, R17	18 kΩ
R3	220 kΩ
R4	150 kΩ
R5	27 Ω
R6	5,6 kΩ
R7	1,2 kΩ
R8, R9, R14	10 kΩ
R10, R13, R15	1 kΩ
R11, R12, R16	15 kΩ
R18	180 Ω, TR 192

Kondenzátory

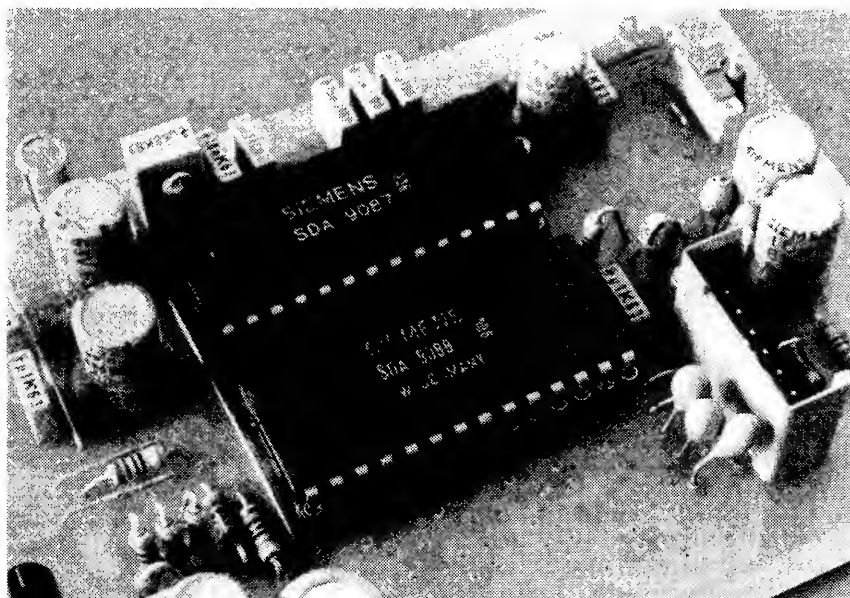
C1	5 μF, TE 984
C2	1 μF, TE 125
C3, C5	100 nF, TK 782
C4	4,7 μF, TE 124
C6, C7, C8	15 nF, TK 782
Ostatní	
Re	viz text
1 dutinka plochého kontaktu	Mototechna
5 nožů plochého kontaktu	Mototechna

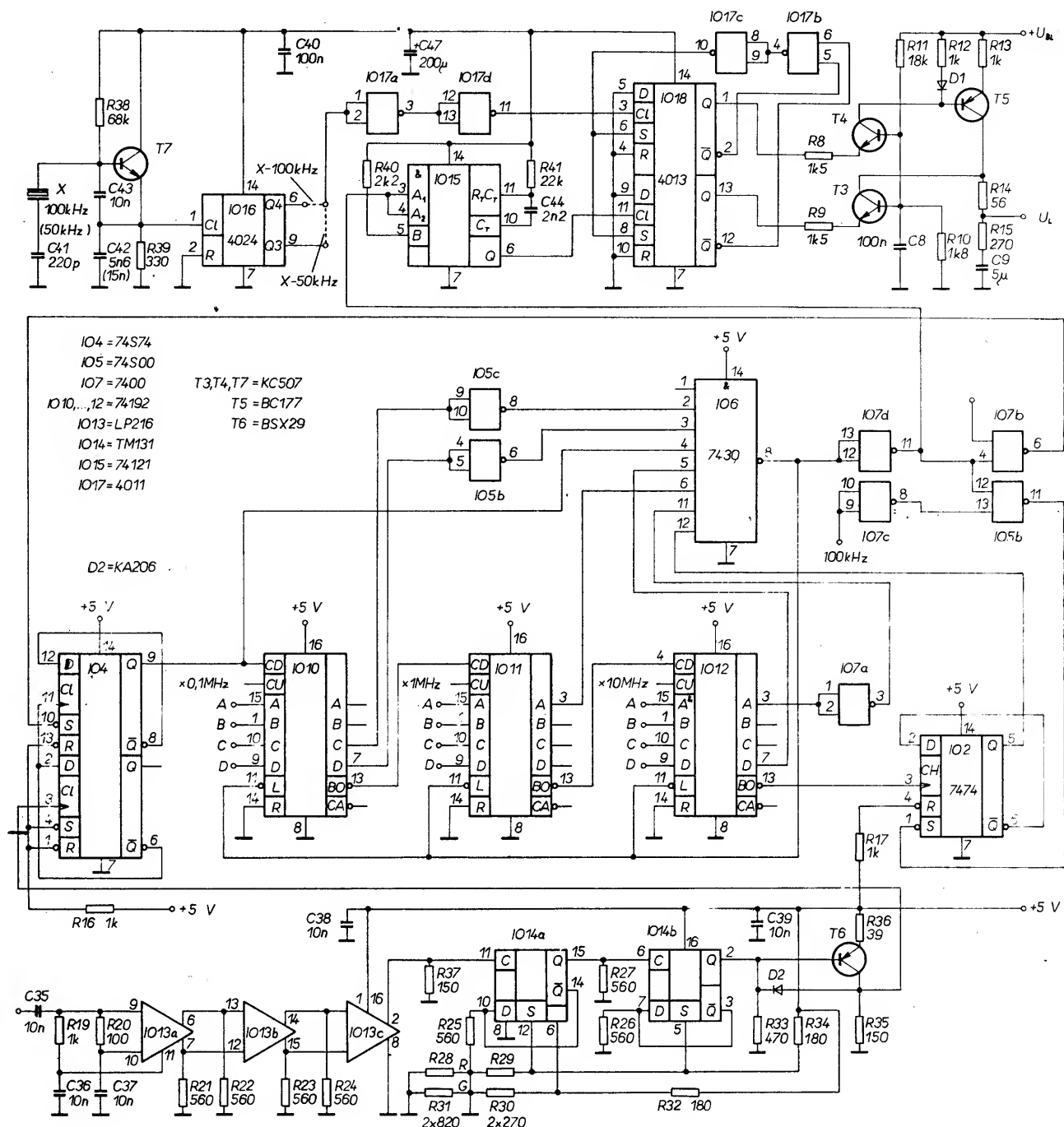
Dva integrované obvody vytvoří funkci obraz v obraze

Nově vyvinutý integrovaný obvod, obrazový vkladací procesor SDA9088 od firmy Siemens, zajišťuje funkci promítání obrazu

do obrazu na stínítku obrazovky nejen v televizorech s číslicovým zpracováním signálu, ale především v přijímačích s analogovým zpracováním. Pro tuto funkci v televizoru jsou zapotřebí pouze dva integrované obvody a minimální náklady na materiál a montáž. Navíc se úpravou přijímače zvy-

(Dokončení na straně 49)





Obr. 2. Schéma zapojení syntezátoru kmitočtu (IO16 je 4024, IO18 4013)

Deska ovládacích obvodů jednotky (obr. 4)

Schéma zapojení je na obr. 5. Základ ovládacích obvodů tvoří paměť 1 kB PROM nebo ROM MH74S287 (187). Zvolený krok kmitočtového rastru 100 kHz byl sledován vyhovujícím i pro pásmo FM OIRT. Konec pásma CCIR 107,9 MHz byl zvolen s tím, že na samém konci pásma nebude již kmitočť 108,0 MHz obsazen žádným vysílačem. Ostatně po „vyklizení“ pásma OIRT lze paměti vyměnit, nahradit je nově naprogramovanými a ladící rozsah zkrátit zapojením předvolby vratných čítačů ladění.

Paměti rastru kmitočtů jsou ovládány IO23, anebo IO26, paralelními osmi-

tovými střadači – budiči s třístavovými výstupy (MHB8282). Střadače jsou vybaveny výstupy klopného obvodu, sestaveného ze čtyř hradel obvodu IO20 (MHB4011). Klopný obvod vybaven buďto střadač obvodů ladění, anebo střadač předvolby.

Obvody ladění jsou realizovány dvěma vratnými čítači MHB4029. Oscilátor tvoří dvě hradla IO19a a IO19b (MB4011). Hradla IO19c a IO19d zajišťují odblokování vstupů vratných čítačů IO21 a IO22 a dále se jimi zpožďuje vybavení blokovacích vstupů po určeném směru čítání (vstup UD). Ladění probíhá od stavu hexa. 00 do stavu FF, pak skokem na 00 a dále; obráceně – směrem dolů – z FF na stav 00, skokem na FF a dále. Tlačítko ladění směrem dolů

přepíná vstupy čítačů UD (směr čítání). Při ladění vybavuje úroveň H na výstupu hradla IO19d vstup STB IO23 (přepis informace ve střadači na jeho výstup) a překlápá současně klopný obvod IO20 pro nastavení výstupů IO26 (střadač volby paměti) do stavu velké impedance.

Obvody předvolby vysílačích kmitočtů jsou osazeny obvodem typu I²L (MH1KK1) – obr. 6. Obvod je vybaven vlastní pamětí a pro zapojení slučitelné s obvody TTL se musí jeho vývody ošetřit rezistory. Výstupem W2 můžeme zároveň ovládat obvody umlčení přijímače při přepínání předvoleb vysílačů.

Paměť IO25 programujeme podle uvedeného programovacího klíče. Je možno naprogramovat 2 × 16 kmitočtů vysílačů a podle zapojení propojky na

vstup E IO25 zvolit příslušných šestnáct předvoleb. Po zapnutí jednotky je klopný obvod prostřednictvím R70 a R71 přiveden do stavu, v němž přednostně vybaví střadač předvolby vysílačů. IO24 se po zapnutí automaticky nastavuje na výstupní stav hexa. 0, je tedy po zapnutí jednotka nastavena vždy na předvolbu vysílačů č. 1. Protože je IO24 vybaven vlastní pamětí, je vstup STB střadače IO26 trvale připojen na úroveň H a střadač je otevřen.

Seznam součástek

Rezistory (TR 112a, TR 151 apod.)

R19	1 k Ω
R20	100 Ω
R21 až R27	560 Ω
R28, R31	820 Ω
R29, R30	270 Ω
R32, R34	180 Ω
R33	470 Ω
R35, R37	150 Ω
R36	39 Ω
R38	68 k Ω
R39	330 Ω
R40	2,2 k Ω
R41	22 k Ω
R42 až R57, R76	390 Ω
R58	270 Ω
R59 až R64	1 k Ω
R65, R67 až R69	1,2 M Ω
R66	150 k Ω
R70, R71	1,8 M Ω
R72	47 k Ω
R73	2,2 k Ω
R74	4,7 k Ω
R76	1,2 k Ω

P1	libovolný potenciometr 10 k Ω /N
----	--

Kondenzátory (keramické, polštářkové)

C35 až C39, C43	10 nF
C40, C46	100 nF
C41	220 pF
C42	5,6 nF
C44	2,2 nF
C45	150 nF

Diody

D1	KA206
D2 až D4	KA řada 500...

Tranzistory

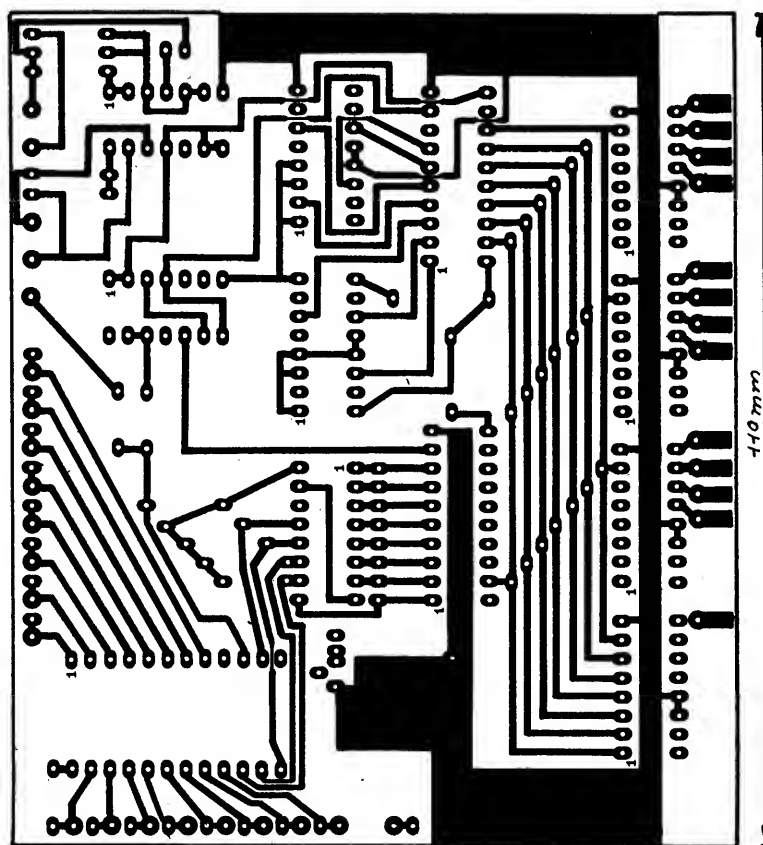
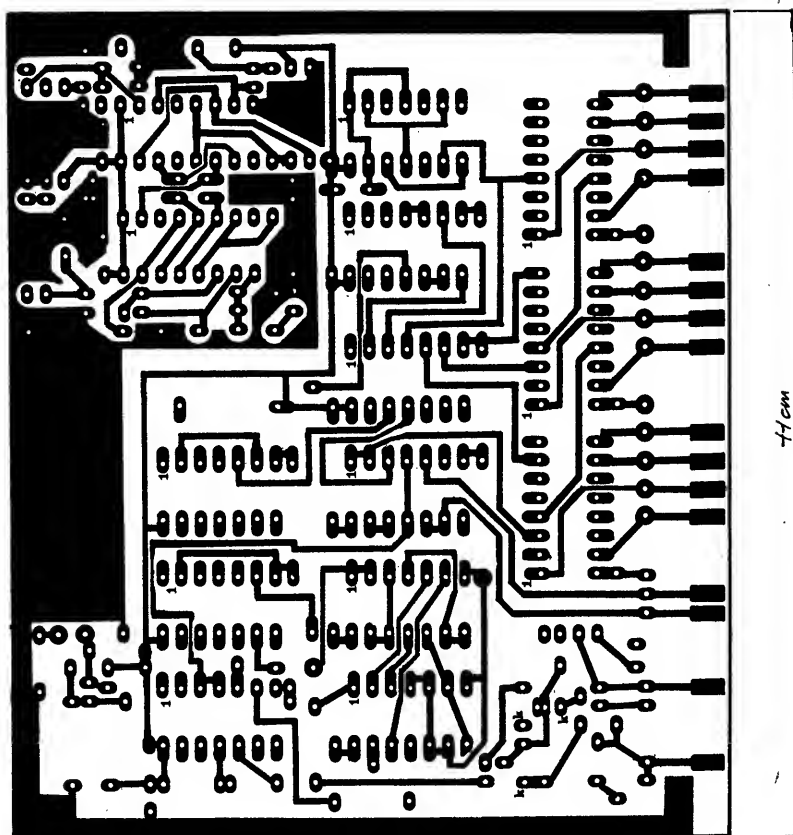
T6	BSX29 (TR23, KSY82, TR15)
T7	KC509

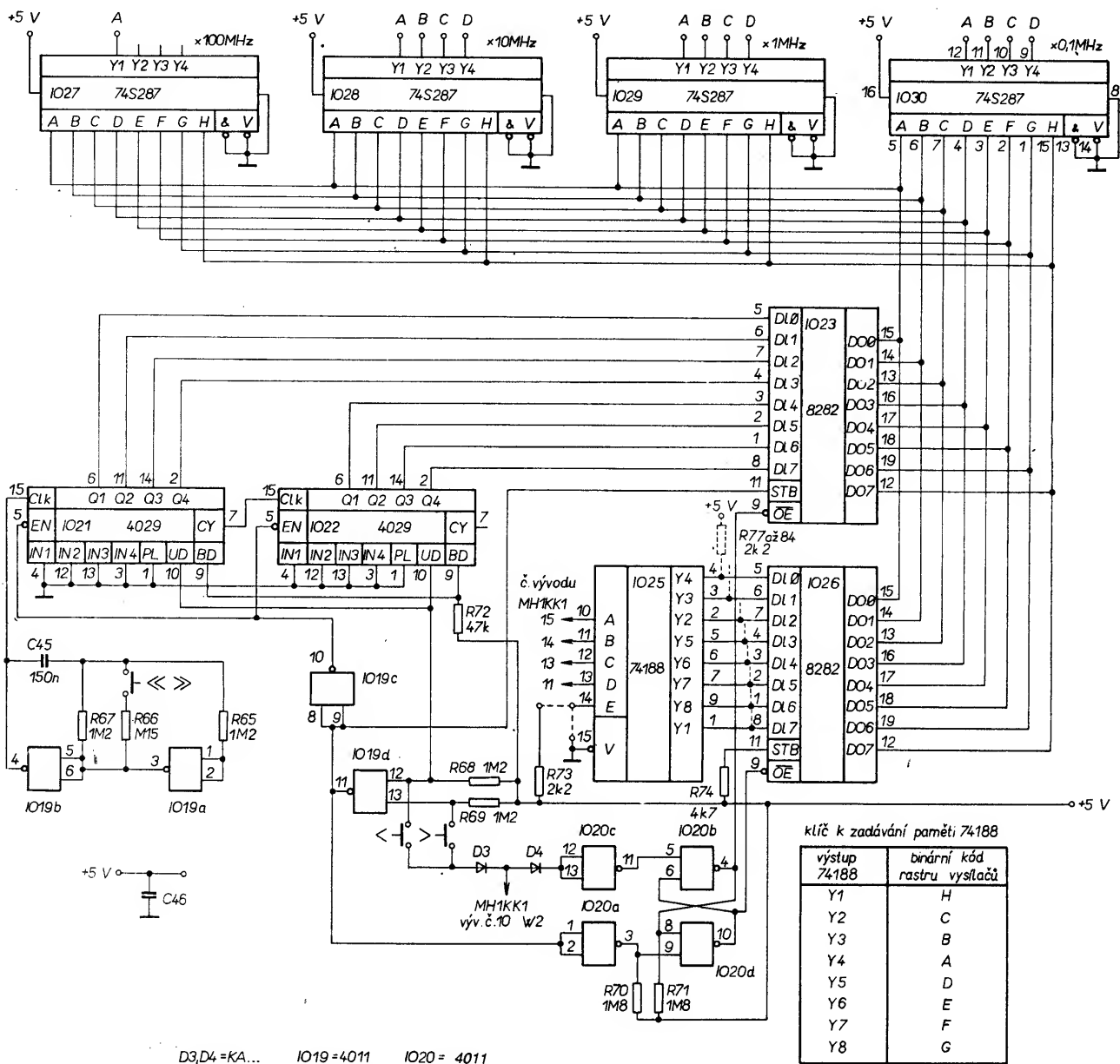
Integrované obvody

IO13	K500LP216 (K500LP116)
IO14	K500TM131 (K500TM231)
IO15	MH74121
IO16	MHB4024
IO17, IO19, IO20	MHB4011
IO18	MHB4013
IO21, IO22	MHB4029
IO24	MH1KK1
IO25	MH74188
IO27 až IO30	MH74S287
IO31 až IO34	D348D (D347)

Číslicovky

Q1 až Q4	VQB28A až E (provedení a.)
Q1 až Q2	VQE24A až F (provedení b.)





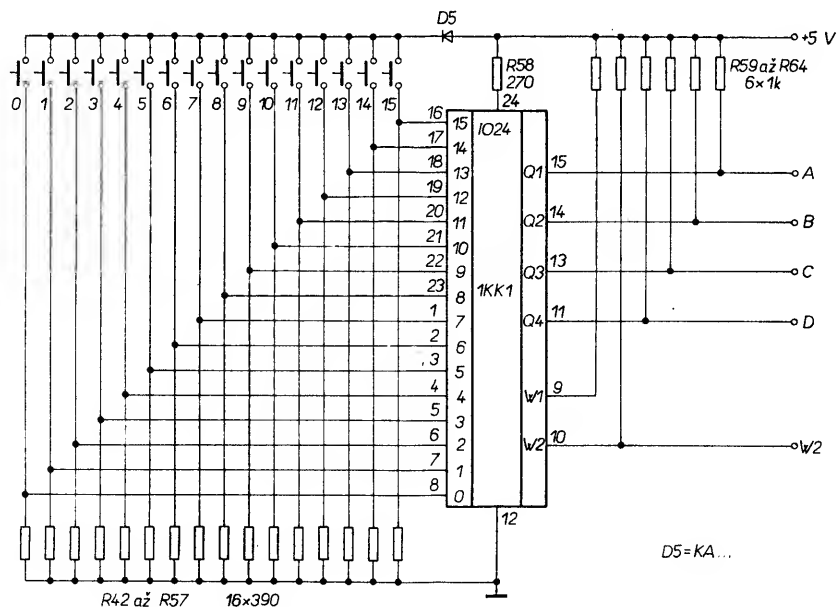
Obr. 5. Schéma zapojení ovládacích obvodů jednotky

Obvody číslicové indikace přijímaného kmitočtu (obr. 7)

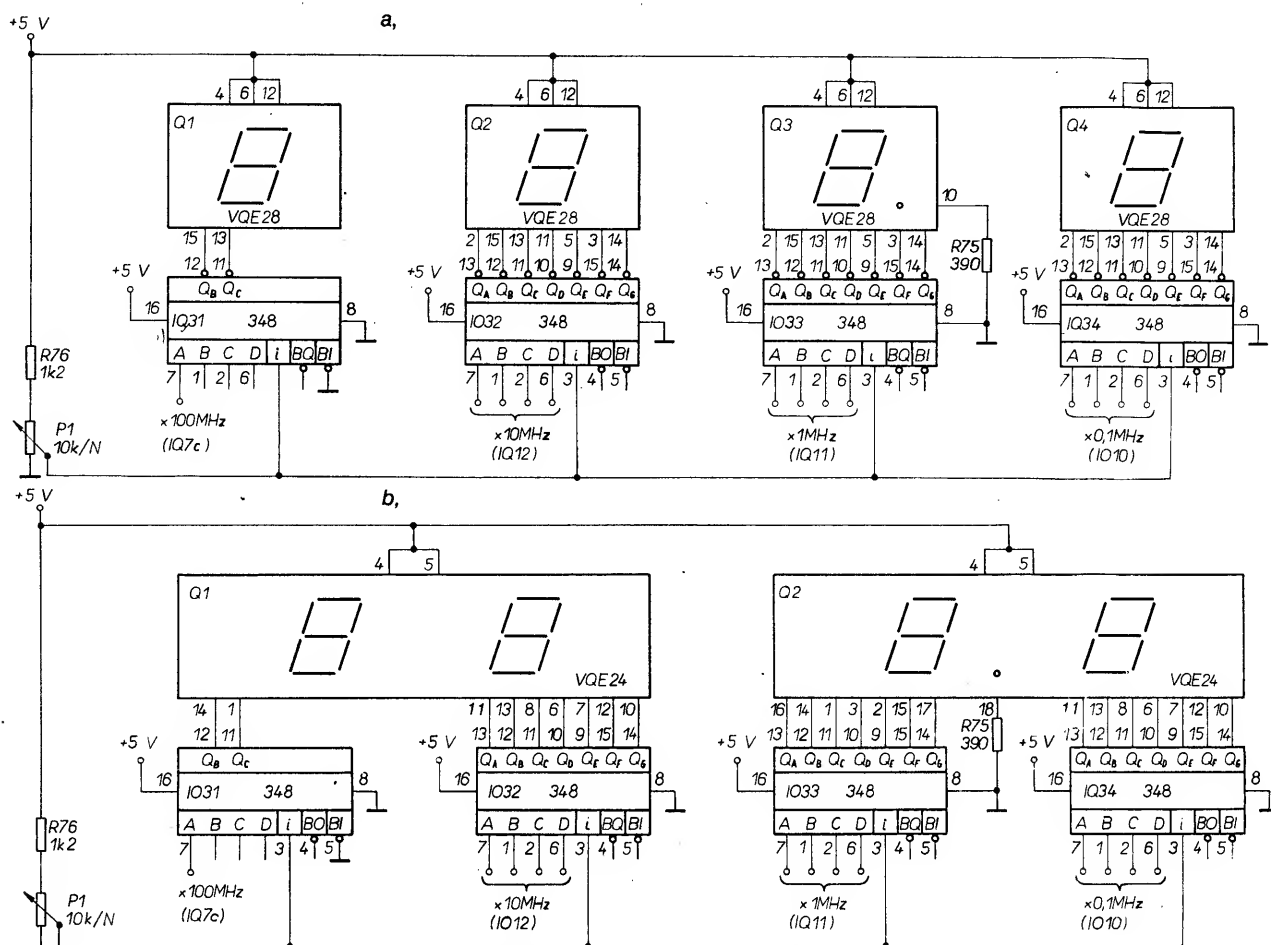
Tyto obvody jsou osazeny sedmi-segmentovými jednotkami ze svítivých diod VQB28, (obr. 7a), popř. VQE24 (obr. 7b). Buzení těchto segmentovek zajišťují obvody D348D. Výstupy těchto obvodů tvoří proudové zdroje, proto nemusí být použito srážecích rezistorů. Navíc se propustnost proudových zdrojů dá jednoduše regulovat vstupem i (vývod 3). Po výběru číslicovek (podle stejného označení svítivosti nebo experimentálním ověřením) lze tak „elegantně“ vyřešit regulaci jasu celého indikátoru. U obvodu IO31 (stovky MHz) je vstup BI (vývod 5) uzemněn, čímž je zhasnena nula číslicovky. Příslušné desky s plošnými spoji jsou na obr. 8.

Poznámky ke stavbě

Součástky pro jednotku (vyjma segmentovek) není třeba vylírat. Měly



Obr. 6. Obvody předvolby



Obr. 7. Obvody číslicové indikace a) – s VQB28, b) – s VQE24

bychom je však před osazením do desek s plošnými spoji alespoň proměřit. Dvojitrustranné desky se osvědčilo vrtat nejprve ze strany součástek a potom vyvrtat druhou stranu a spoje začistit. Ze strany součástek je vhodné ocínovat pájecí body předem, před osazením desky součástkami. Při konečném pájení součástek pak máme záruku, že se cín rozlije po celém pájecím bodu.

Při pájení obvodů CMOS je třeba zachovávat zásady manipulace s těmito součástkami.

K výběru číslovek je třeba upozornit na skutečnost, že u označení svítivosti E segmentovek VQB28 a F segmentovek VQE24 se nezaručuje určitý rozsah svítivosti a v jas jednotlivých kusů je podstatný rozdíl. Nejlépe je tedy použít stejné číslovky s označením A až D (VQB28), popř. A až E (VQE24) s tím, že obvody D348D jsou schopné vybudit do dostatečného jasu i segmentovky, označené stupněm svítivosti B nebo A.

Obal (krabíčka) (obr. 9) a všechny ostatní mechanické díly (obr. 10 až 13) jsou zhotoveny z pocínovaného „konzervového“ plechu. Matice M3 použijeme mosazné, nebo alespoň kadmiované. Průchodku ve stěně krabíčky spojíme se vstupem ECL děličky kouskem stíněného vodiče. Výstupy pamětí, vstupy syntezátoru a IO D348D propojíme plochými lankovými několikažilovými vodiči malého průřezu. Víčka obalu zajistíme pájením ve dvou bodech. Po-

tenciometr k regulaci jasu indikátoru je společně s R76 umístěn mimo jednotku. Rezistory R70 a R71 jsou na desce ovládacích obvodů připojeny ze strany spojů. Hotová deska je na obr. 14.

Uvedení do chodu

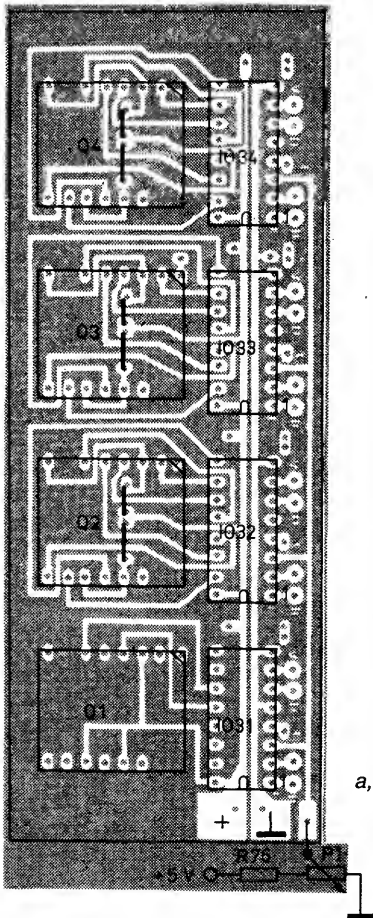
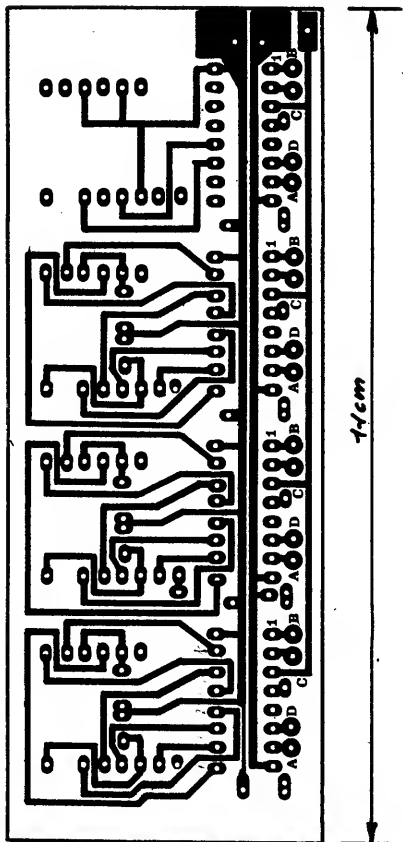
Nejdříve osadíme desku syntezátoru. Zkontrolujeme činnost krystalového oscilátoru (nejlépe osciloskopem) a binární děličky IO16. Podle použitého krystalu zapájíme příslušnou propojku. Činnost fázového závěsu přezkoušíme takto: na vstupy 3 a 4 IO15 přivedeme obdélníkový signál s kmitočtem 12500 Hz (úroveň TTL). Při postupném rozlaďování generátoru signálu sledujeme změny napětí na výstupu U_L (vstup U_{BL} připojen na napětí 30 V). Dále zkontrolujeme činnost vstupní děličky ECL. V případě, že nemáme k dispozici osciloskop s vysokým mezním kmitočtem, vypomůžeme si signálem s nižším kmitočtem, takovým, jaký jsme schopni na svém osciloskopu ještě pozorovat. Toto orientační přezkoušení zpravidla postačí, neboť obvody ECL sovětské výroby pracují v daných podmínkách spolehlivě bez předchozího výběru. Podobným způsobem ověříme děličky IO4, IO10 až IO12 a IO2. Na vstupech přednastavitelných děliček IO10 až IO12 a vstupu 9, IO7 zvolíme vhodnou kombinací úrovní H a L kmitočtem požadované sta-

nice a přezkoušíme syntezátor ve spojení se vstupním dílem VKV.

Pak osadíme desku ovládacích obvodů. Nejprve zkontrolujeme oscilátor IO19a, b. Na výstupu 4 IO19 musí být impulsy zhruba o kmitočtu 2 Hz. Při sepnutí tlačítka „zrychlení“ se kmitočet zvýší asi na 16 Hz. Logickou sondou nebo osciloskopem provedeme průběhy na jednotlivých vstupech a výstupech vratných čítačů IO21 a IO22. Podobně přezkoušíme činnost klopného obvodu IO20 a tlačítkového kodéru IO24. Osadíme IO23 a IO26 a přezkoušíme přenos informací na výstupy střadačů. Potom osadíme naprogramované paměti IO27 až IO30.

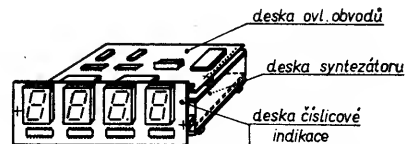
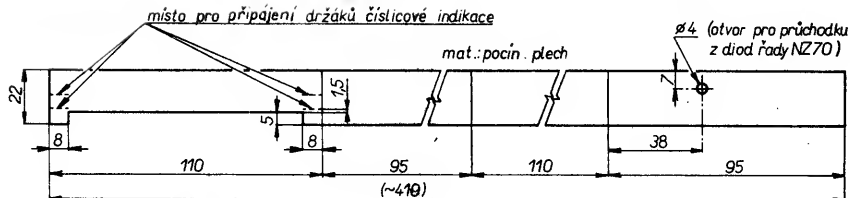
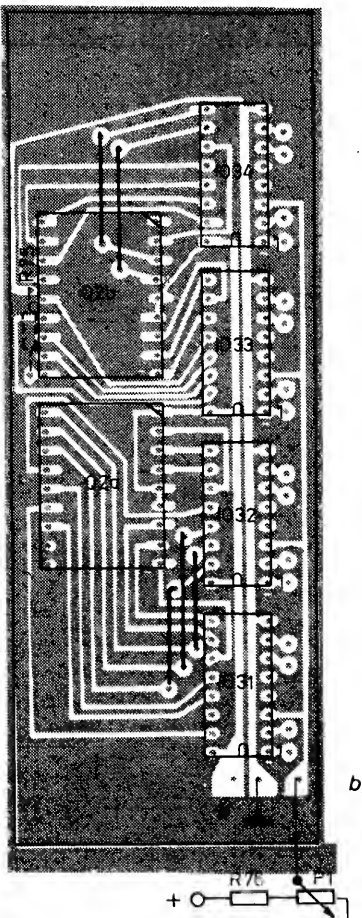
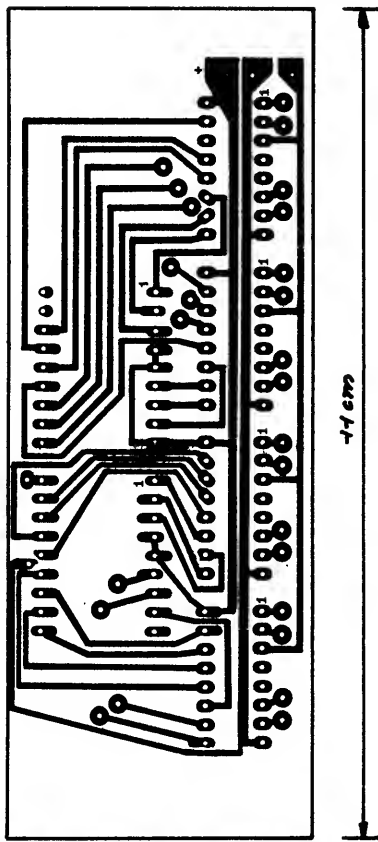
Osadíme desku indikace přijímaného kmitočtu, připojíme potenciometr řízení jasu (pro dekodéry D348) a přezkoušíme indikaci. Lze použít i dekodéry D347, ovšem ztratíme možnost regulovat jas segmentovek LED. Je možno použít dekodéry D147, nebo 7447. Celou jednotku však v tom případě nestačí napájet jediný stabilizátor MA7805 a napájení pro indikaci se musí oddělit od ostatních obvodů.

Desky před zapájením do krabíčky propojíme a přezkoušíme funkci celé jednotky. Propojíme jednotku s tunerem VKV a proladěním pásem zkontrolujeme kmitočty přijímaných stanic. Stanice lze jemně doladit změnou kapacity kondenzátoru C41 v obvodu referenčního oscilátoru. Teprve potom přistoupíme k vý-

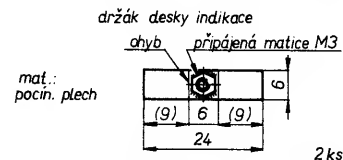


Obr. 8. Desky Y312 (a), Y313 (b) s plošnými spoji a rozložení součástek obvodů indikace: a) – s VQB 28, b) – s VQE 24, namísto označení Q2b má být Q2, namísto Q2a má být Q1

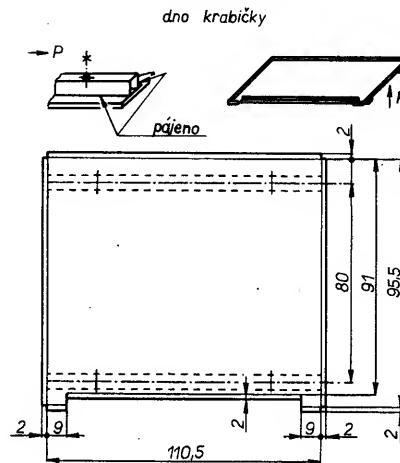
Obr. 13. Rámeček krabice



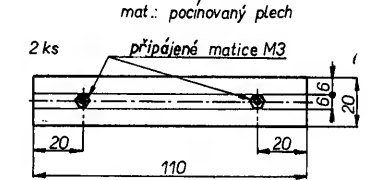
Obr. 9. Celková mechanická sestava



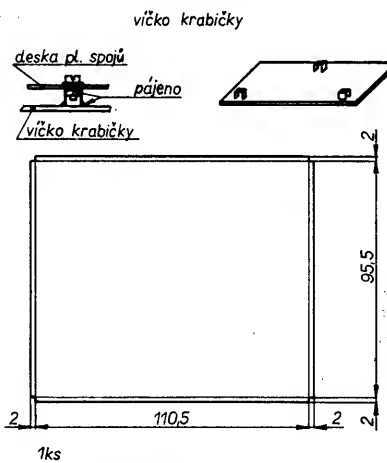
Obr. 10. Držák desky indikace



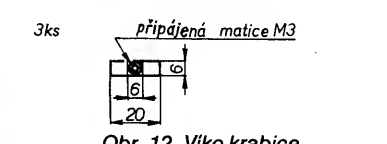
Obr. 11. Dno krabice



Obr. 12. Víčko krabice

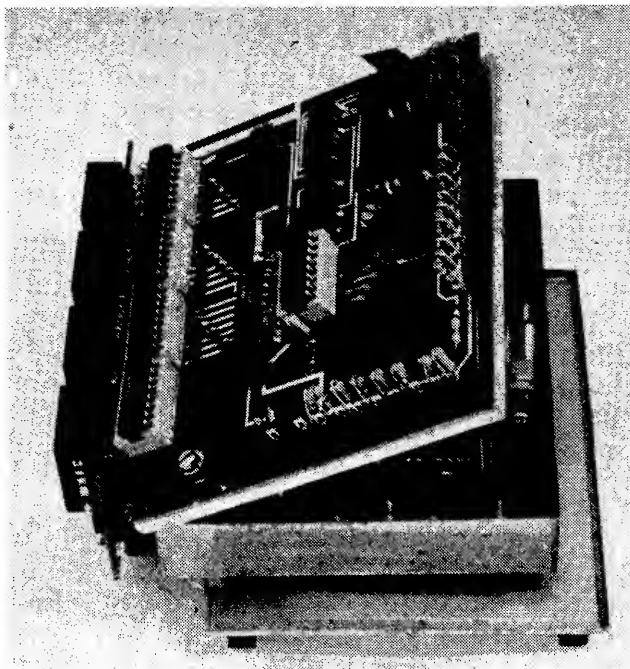


Obr. 12. Víčko krabice



Obr. 12. Víčko krabice

Zadávací tabulka paměti PROM		
1030	1B-9	6A až 73-3
00-2	1C-0	74 až 7D-4
01-3	.	7E až 87-5
02-4	.	88 až 91-6
03-5	.	92 až 9B-7
04-6	25-9	9C až A5-8
05-7	26-0	A6 až AF-9
06-8	.	BO až B9-0
07-9	.	BA až C3-1
08-0	.	C4 až CD-2
09-1	2F-9	CE až D7-3
0A-2	30-0	D8 až E1-4
0B-3	31-1	E2 až EB-5
0C-4	32-2	EC až F5-6
0D-5	33-5	F6 až FF-7
0E-6	34-6	1028
0F-7	35-7	00 až 25-6
10-8	36-8	26 až 32-7
11-9	37-9	33 až 3E-8
12-0	38-0	3F až AF-9
opakuje	.	BO až FF-0
se	.	1027
.	.	00 až AF-0
.	41-9	BO až FF-1
.	42-0	
	.	
	.	
	4B-9	
	dále se	
	opakuje	
	až do	
	F6-0	
	.	
	.	
	FF-9	
	1029	
	00 až 07-6	
	08 až 11-7	
	12 až 1B-8	
	1C až 25-9	
	26 až 2F-0	
	30 až 32-1	
	33 až 37-7	
	38 až 41-8	
	42 až 4B-9	
	4C až 55-0	
	56 až 5F-1	
	60 až 69-2	



běru příslušných stanic, jejichž kmitočty chceme uložit do paměti a podle tabulky nakonec naprogramujeme paměť IO25. Vzhledem k tepelné ztrátě obvodů umístíme jednotku do dostatečně volného prostoru nebo zajistíme její odvětrávání.

Příklad kódování paměti 74 188 pro vysílač o $f = 102,5$ MHz
(pro daný rastr 100 kHz odpovídá $f = 102,5$ MHz hexadecimální kód – C9)

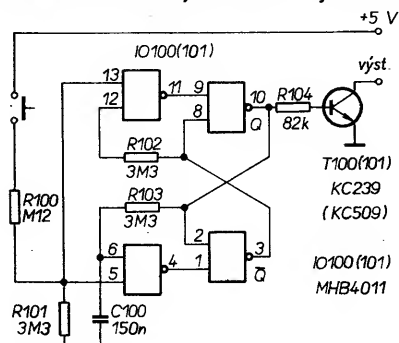
binárně	pro paměť 74 188							
H G F E D C B A	Y8 = G	Y7 = F	Y6 = E	Y5 = D	Y4 = A	Y3 = B	Y2 = C	Y1 = H
1 1 0 0 1 0 0 1 C 9	1	0	0	1	1	0	0	1

ve stanici linky C metra Háje, dříve Kosmonautů) číslovky VQB28.
Prodejna nemá zásilkový prodej!

Přijímač FM s jednotkou kmitočtové syntézy

Pavel Kotráš

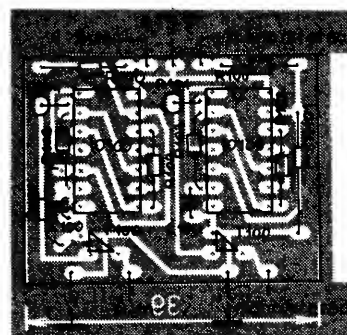
Zapojení pro ovládání funkcí mikrospínači využívá integrovaných obvodů CMOS – MHB4011. Schéma je na obr. 1. Čtyři hradla



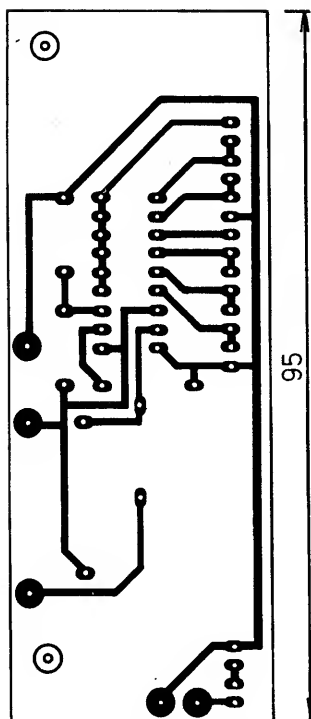
MHB4011 jsou zapojena jako klopný obvod, který ovládá tranzistor T101 (T102), spínající příslušnou funkci. Deska s plošnými spoji a rozmístěním součástek je na obr. 2.

Nová je také deska indikace, na níž jsou navíc umístěny dvě svítivé diody pro indikaci STEREO (obr. 3). Všechny indikační diody jsou připojeny ze strany spojů, ostatní součástky jsou umístěny na opačné straně tak, jak je běžné.

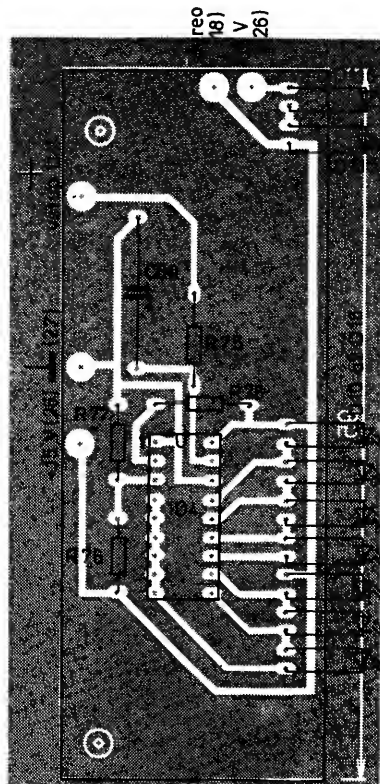
Deska je připravena rozpěrnými přichytkami k panelu přístroje. Výšku přichytek (10 až 12 mm) zvolíme podle délky vývodů indikačních diod.



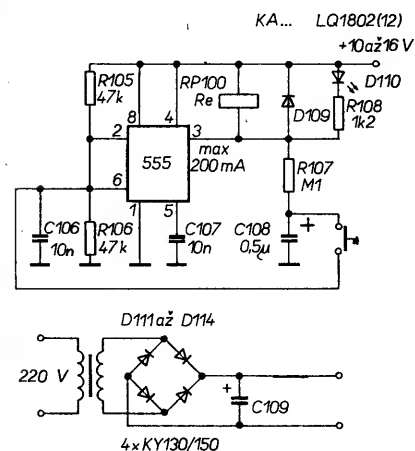
mostatným zdrojem, umístěným na téže desce. Tento síťový zdroj je po připojení vidlice síťové šňůry přístroje do zásuvky ve



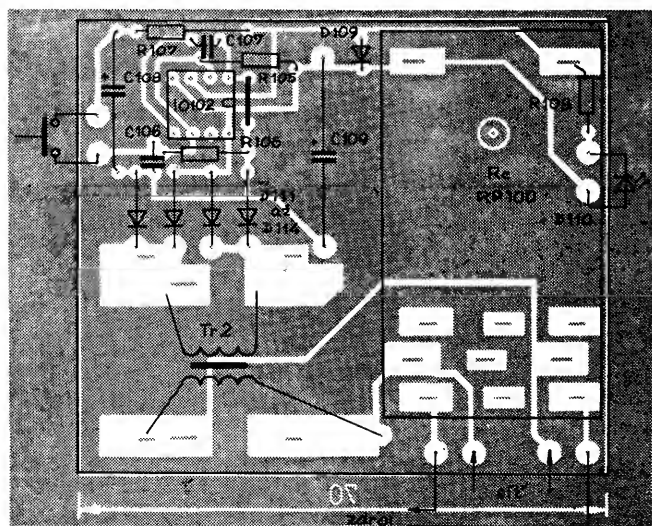
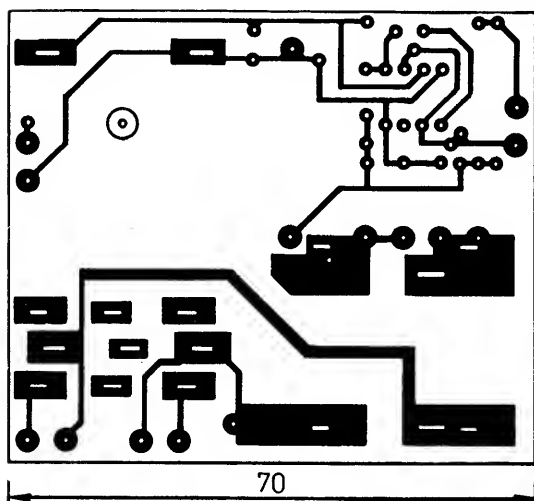
Obr. 3. Deska Y315 obvodů indikace a rozmístění součástek (označení součástek odpovídá AR-A č. 9/1986)



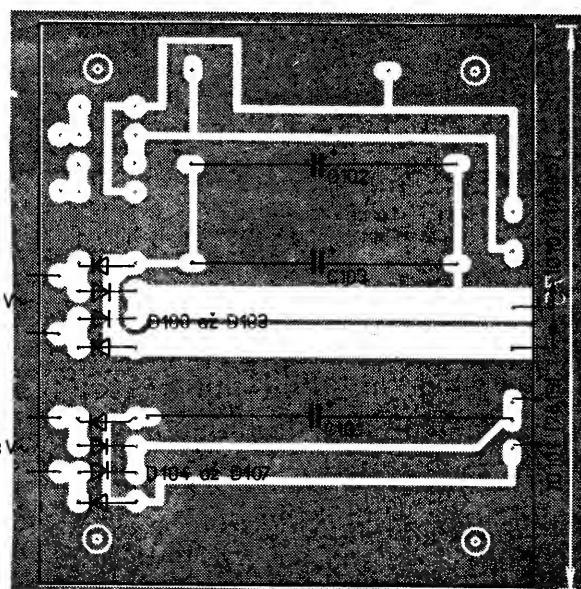
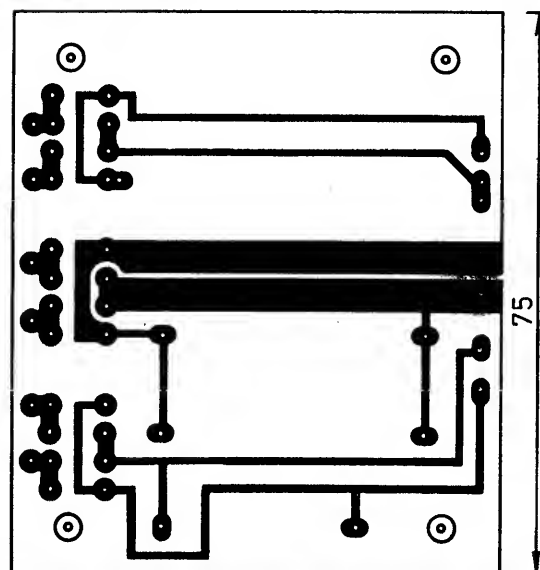
stálé činnosti a jeho transformátor musí být proto konstruován pro stálý provoz a musí vyhovovat bezpečnostním podmínkám provozu. Schéma zapojení hlavního zdroje je na obr. 6, deska s plošnými spoji a rozmístěním součástek na obr. 7.



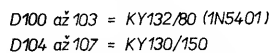
Obr. 4. Schéma zapojení síťového spínače



Obr. 5. Deska s plošnými spoji Y316 síťového spínače a rozložení součástek (diody D112 a D113 – dvě uprostřed mají být pólovány opačně!)



Obr. 7. Deska 317 s plošnými spoji a rozložení součástek hlavního napájecího zdroje



Obr. 6. Schéma zapojení hlavního napájecího zdroje

Mechanická konstrukce přístroje je patrná z obr. 8. Základ konstrukce tvoří přední (obr. 9) a zadní panel (obr. 10) a nosníky A až H (obr. 11). Styčné otvory je vhodné vyvrát do nosníků po jejich sesazení do celkové sestavy přístroje. Do děr se vyřiznou závity M3.

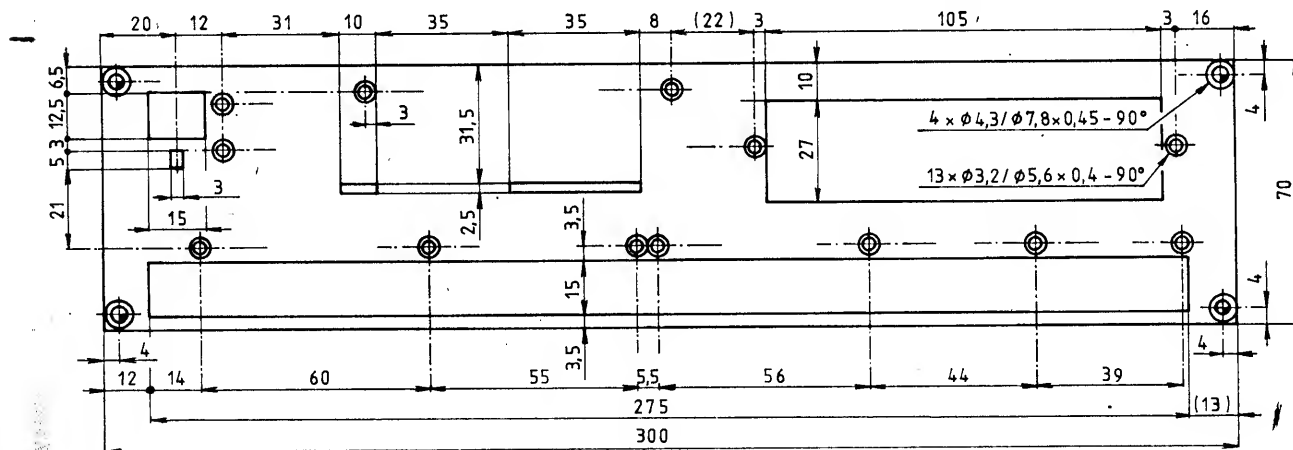
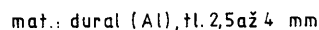
Ocelové díly opatříme nátěrem proti korozi. Nositelky sesadíme a sešroubujeme s předním panelem a přišroubujeme rozpěrné sloupky O (obr. 12). Vyzkoušíme upevnění jednotky kmitočtové syntézy, popř. přepájíme spodní úchyty jednotky podle potřeby. Držákem J (obr. 11) připevníme desku síťového spínače a pak sestavíme transformátor s použitím dílů I, M a N



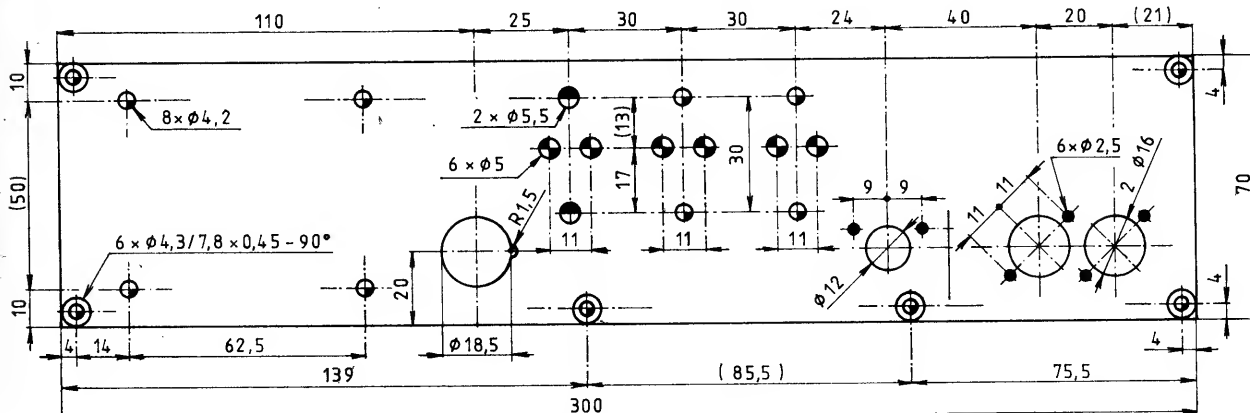
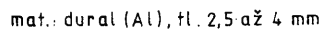
(obr. 11, 12). K rozpěrným sloupkům N přišroubujeme desku zdroje.

Celou tuto sestavu připevníme k zadnímu panelu čtyřmi šrouby M4. Stinící kryt (obr. 13) upevníme až po zapojení zdroje.

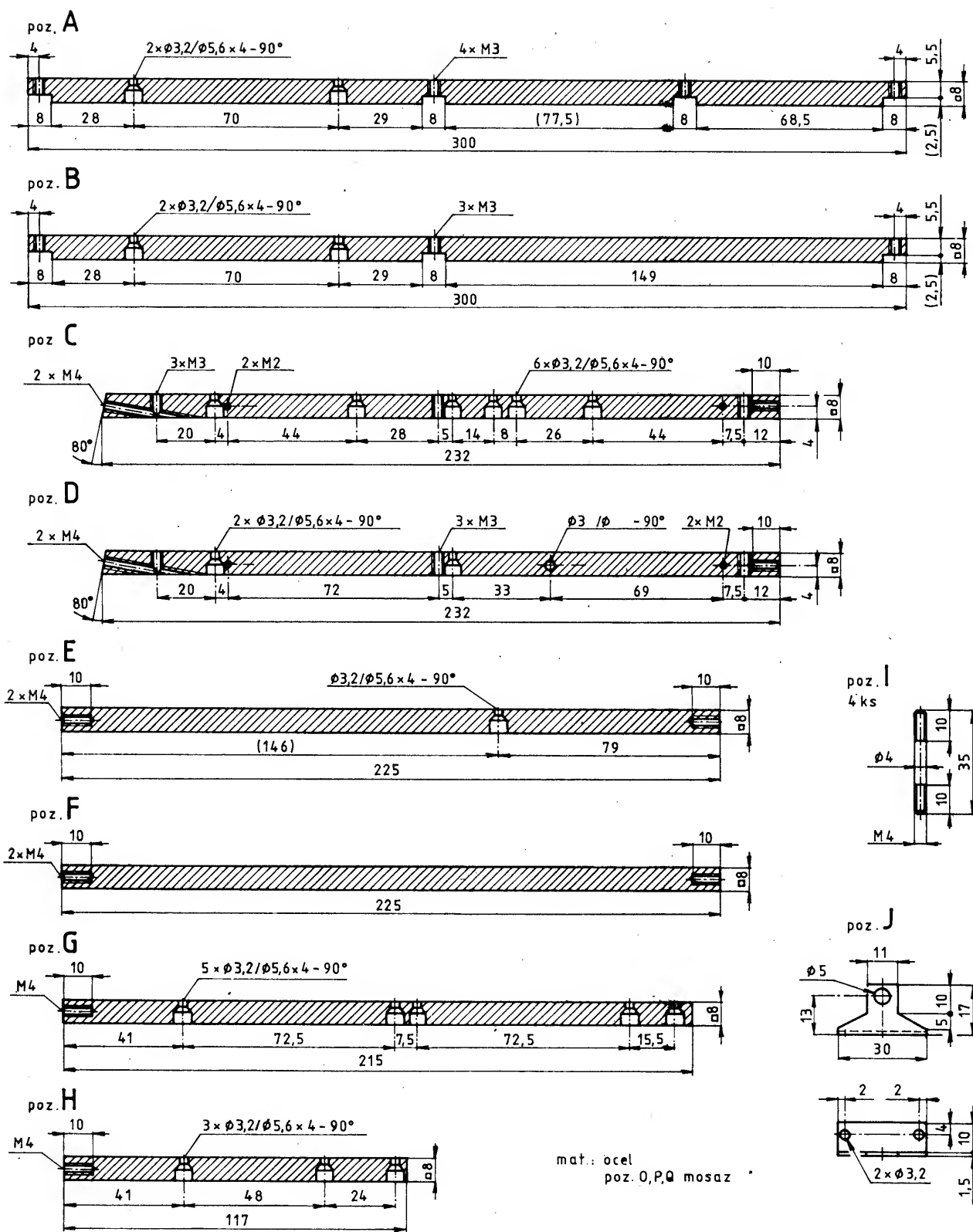
Rozpěrnými sloupky P (obr. 14) upevníme všechny tři desky ovládacích tlačítek (obr. 18). Osadíme stabilizátory IO101 a IO102 a zapojíme celý zdroj. Na vývody stabilizátorů připojíme kondenzátory C104 a C105.



Obr. 9. Přední panel



Obr. 10. Zadní panel



Obr. 11. Nosníky (A až H), držák desky síťového spínače (J) a svorníky transformátoru (I)

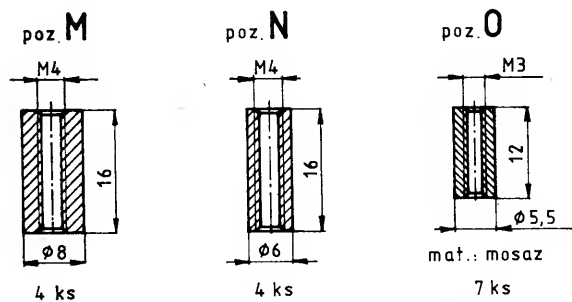
► Přisroubujeme jednotku kmitočtové syntézy a propojíme ji s deskami ovládacích tlačítek. Přitom pamatujeme na možnost vyklápět desky ovládacích obvodů a víko syntezátoru při případných opravách a na prostor pro desku mezifrekvenčního zesilovače.

Připojíme napětí pro napájení ovládací jednotky a přezkoušíme její činnost. Pak osadíme desku obvodů přepínání STEREO a ŠUM. Opatříme ji vývody z drátu o $\varnothing 0,8$ mm, které zapájíme do desky mf zesilovače namísto příslušných tlačítek Isostat. Osadíme a zapojíme desku indikace. Upevníme desky vstupní jednotky a mf zesilovače a zapojíme je.

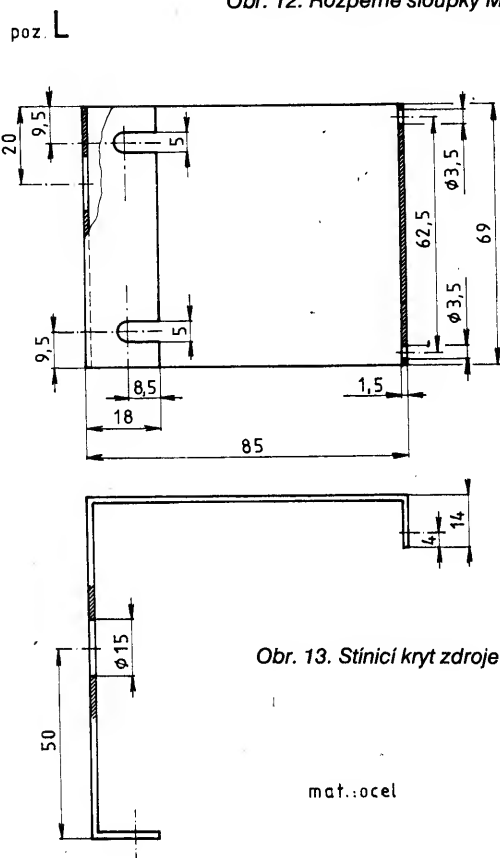
Po propojení s ovládací jednotkou a deskou indikace přezkoušíme postupně všechny funkce včetně proladění až do konce pásma (107,9 MHz). Nelze-li proladit jednotku až do konce pásma (oscilátor již nedává dostatečné v_i napětí pro vstupní děličku ECL syntezátoru), je třeba znovu nastavit L4 a C15 oscilátoru vstupní jednotky. Celou jednotku je potom nutné podle původního návodu znovu nastavit. V žádném případě se nesmíme dát zmást skutečností, že otáčením nastavovacích prvků oscilátoru se zdánlivě nic nemění. Jednotka ztrácí souběh v celém pásmu a zmenšuje se odolnost proti rušení.

Krycí štítek předního panelu (obr. 15) je mořen v louhu sodném a popsán obtisky Propisot. Čáry jsou nakresleny tuší (tenkým trubičkovým perem). Štítek s popisem je přestříkán lesklým lakem na nábytek ve spreji. Po této úpravě je povrch velmi odolný proti otěru.

Tvar a rozměry vrchního krytu a dna přístroje jsou patrné z obr. 16 a 17. V místech, kde jsou umístěny síťový zdroj a jednotka kmitočtové syntézy, je vhodné opatřit dno i kryt přijímače větracími otvory. Pro správnou činnost přístroje to však není bezpodmínečně nutné. Kryt přístroje je nastříkán černým matným lakem.

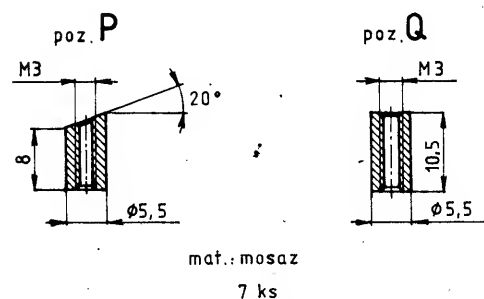
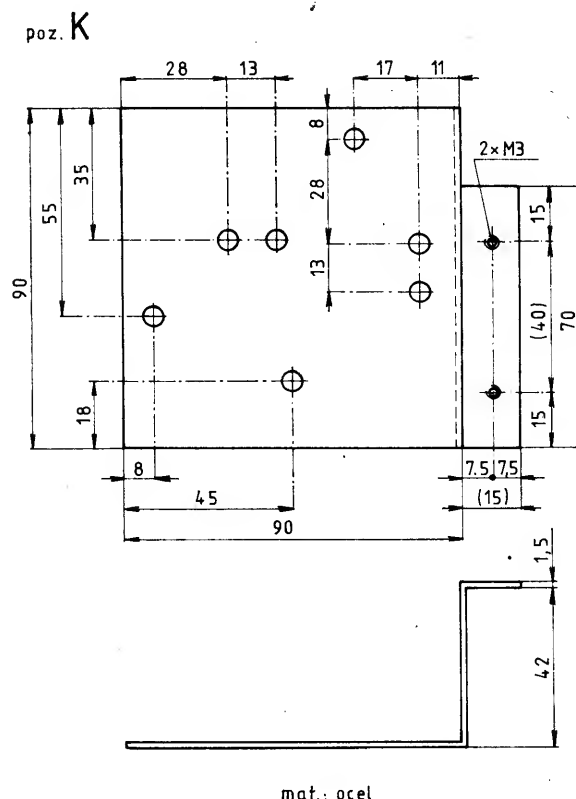


Obr. 12. Rozpěrné sloupky M, N a O



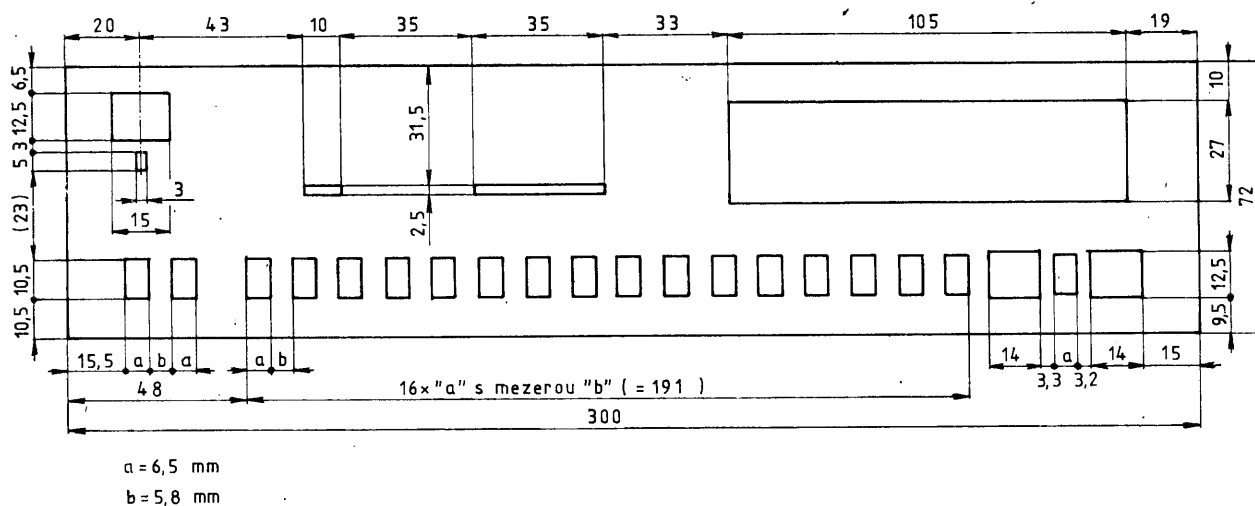
Obr. 13. Stínící kryt zdroje

Maska panelu

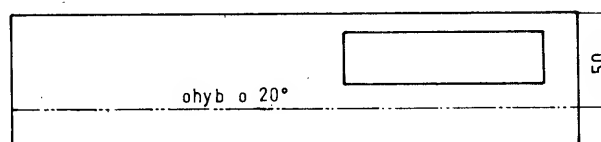


Obr. 14. Stínící kryt vstupní jednotky a rozpěrné sloupky P a Q pro desky ovládacích tlačítek

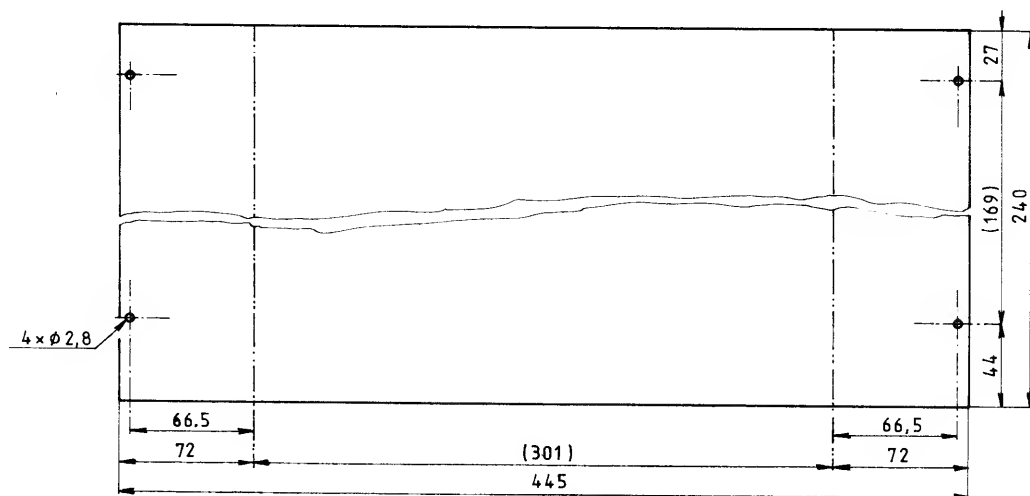
mat.: Al, tl. 0,8 až 1 mm



"Přední panel" a "maska panelu" ohnout o 20° dle nákresu

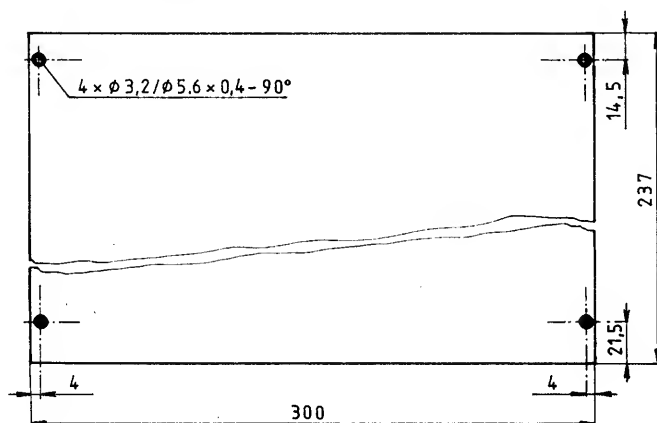


Obr. 15. Krycí štítek předního panelu

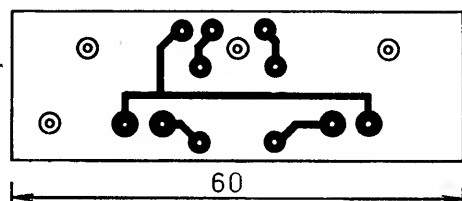


Obr. 16. Vrchní kryt přijímače

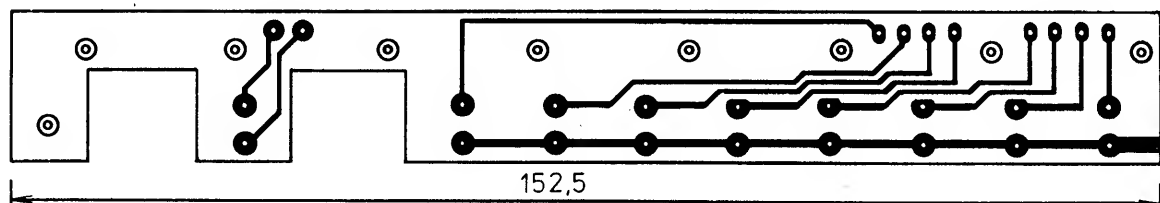
Dno přístroje



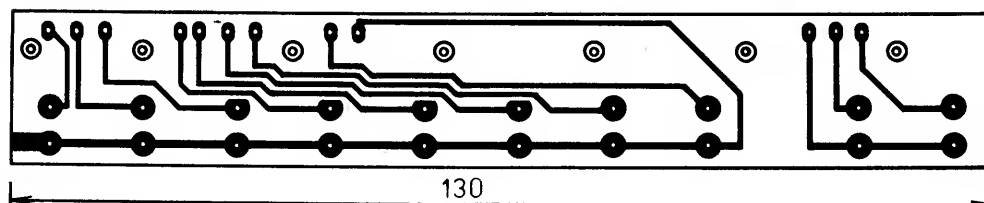
Obr. 17. Dno



Y318



Y319



Y320

Obr. 18. Desky ovládacích tlačítek

Seznam součástek

Přepínač mono-stereo a šum

T100 (101)	KC239 (509)
IO100 (101)	MHB4011
Rezistory (TR 212, 213, 151, 191):	
R100	120 kΩ
R101 až R103	3,3 MΩ
R104	82 kΩ
Kondenzátory:	
C100	150 nF, TK 782

Obvody indikace

D11 až D16	LQ1502 (1512)
D10, D115, D116	LQ1802 (1812)
Ostatní: viz AR-A č. 9/1986	

Síťový spínač

IO102	B555
D109	KA...
D110	LQ1802 (1812)
D111 až D114	KY1230/150
Rezistory:	
R105, R106	47 kΩ
R107	100 kΩ
R108	1,2 kΩ
Síťový transformátor: 220 V/10 až 15 V, viz text	

Hlavní napájecí zdroj

IO101	MA7815
IO102	MA7805

D100 až D103	KY132/80
D104 až D107	KY130/150

Kondenzátory:

C101	2 mF/25 V, TE 675
C102, C103	1 mF/16 V, TF 008
C104	2 mF/15 V, TE 674
C105	2 mF/6 V, TE 981

Transformátor:

jádro	EI 25 × 25
primární vinutí	2 200 z. drátu CuL o Ø 0,2 mm (220 V)
sekundární	235 z. drátu CuL o Ø 0,25 mm (23 V)
	92 z. drátu CuL o Ø 0,85 mm (9 V)

Družicový tuner s dvojitým PLL

Ing. Roman Fojtík

Tímto konstrukčním návodem bych chtěl předložit zapojení, které je svou jednoduchostí a reprodukovatelností určeno především amatérům, kteří nevlastní nebo nemají možnost využívat náročné vysokofrekvenční měřicí přístroje. Toto zapojení vychází z návodu uveřejněného v [1]. Pravděpodobně převzetím konstrukce z jiného pramenu je popis v [1] neúplný až nesprávný, což nás přinutilo experimentovat a zapojení značně přepracovat. Proti jiným konstrukcím dosud publikovaným v AR je v přijímači pro demodulaci obrazu i zvuku využito principu fázového závěsu (PLL), což přináší některé výhody:

- není potřeba rezerva zisku mf zesilovače pro omezení nutné u pasivních demodulátorů;
- jednoduchá změna šířky pásma demodulace;
- nevyžaduje náročný mezifrekvenční filtr;
- jednoduché nastavení.

Základem přijímače je vstupní a mezifrekvenční díl přijímače, publikovaného v AR-A č. 9/1966. Původní zapojení je doplněno obvody pro ovládání funkcí MONO-STEREO a POTLAČENÍ ŠUMU tlačítkovými mikrospínači. Jednotka kmitočtové syntézy byla popsána v předchozím článku.

Pro zjednodušení konstrukce nejsou ve vstupním tuneru ošetřeny zrcadlové kmitočty. Není uvedena mechanická konstrukce přijímače a zapojení napájecího zdroje, které neovlivňují technické parametry přístroje, a každý si je realizuje podle svých možností a schopností. Velice výhodným momentem pro stavbu tohoto přijímače je koupě maďarského TV tuneru, který obsahuje požadované kapacitní diody, útlumový článek s diodami PIN a mnoho pasivních součástek. Je dostupný čas od času v prodejnách KLENOTY. Celý přijímač je sestaven ze tří modulů.

Modul A obsahuje vstupní tuner, který je laditelný v rozsahu 1. mf (950 až 1 750 MHz), na jehož výstupu dostaneme 2. mf (200 MHz).

Modul B obsahuje celkem čtyři obvody: útlumový článek AGC, mf zesilovač, obrazový demodulátor s videozesilovačem a anti-disperzním obvodem.

Modul C je demodulátor zvukového doprovodu.

z důvodu snážší reprodukovatelnosti konstrukce. Propust omezuje přebuzení T1 velkým signálem z nižších kmitočtových pásem, který se může na vstup naindukovat např. dlouhým přívodním kabelem. Toto zjednodušení je ovšem vykoupeno přítomností zrcadlových kmitočtů, což se v praxi ukázalo jako menší zlo proti špatnému souběhu vstupního filtru s oscilátorem. Pro zkušeného amatéra, který má možnost nastavení, je zapojení laděného filtru na vstup T1 poměrně snadnou záležitostí. Zisk stupně je, malý, hlavní funkcí vstupního zesilovače je oddělení vstupu od směšovače.

Druhou částí zapojení je směšovač. Je použito zapojení aditivního směšovače se SB. Signál z kolektoru T1 i z oscilátoru se přivádí na emitor tranzistoru T2 a z kolektoru se odebírá přes pásmovou propust C5, C6, L5 výsledný mezifrekvenční kmitočet 200 MHz. Pásmová propust (článek π) současně transformuje velkou impedanci ko-

lektoru T2 na 50 Ω . Rezistory R3 až R6 nastavují pracovní bod směšovače. Kondenzátor C8 vysokofrekvenčně blokuje bázi T2. Výstup směšovače je galvanicky oddělen kondenzátorem C7.

Třetí částí vstupního tuneru je přeladitelný oscilátor. Je osazen tranzistorem T3 a pracuje ve dvoubodovém zapojení, což znamená, že tranzistor zde má funkci záporné impedance, která odtlumuje rezonanční obvod L4, D1 D2. Toto řešení má menší nároky na strmost použité aktivní součástky na rozdíl od zapojení oscilátoru v [1]. Zapojení je klasické a používá ho většina výrobců (GRUNDIG, PHILIPS, AMSTRAD) i amatérských konstrukcí [2], [3], [4]. Rezistor R11 spolu s kapacitou Cx zavádí kladnou zpětnou vazbu, která umožňuje funkci oscilátoru. Pro maximální stabilitu kmitočtu oscilátoru je kolektorový proud T3 stabilizován, což zajišťuje tranzistor T4, D3 a rezistory R7 až R10.

Regulační obvod je proti nestabilitě zajištěn kondenzátorem C10. Kondenzátor C9 vysokofrekvenčně blokuje kolektor tranzistoru T3. Ladící napětí pro oscilátor se přivádí přes blokovací kondenzátor C13 a oddělovací rezistor R12 na katody sériově zapojených kapacitních diod rezonančního obvodu. Galvanické připojení anody D2 na bázi tranzistoru T3 nemá záporný vliv na funkci rezonančního obvodu, neboť se nedostane do vodivého stavu, pokud ladící napětí nenastavíme menší než 2 V. Napětí na bázi T3 je asi 2 V. Vynecháním oddělovacího kondenzátoru v bázi T3 se vyloučí parazitní vlivy, které by jeho zapojením vznikly. Vysokofrekvenční energie oscilátoru je odebrána z rezonančního obvodu indukční vazbou cívky L3 a kondenzátorem C4 přivedena na emitor směšovacího tranzistoru T2. Rezistor R13 má tlumicí účinek.

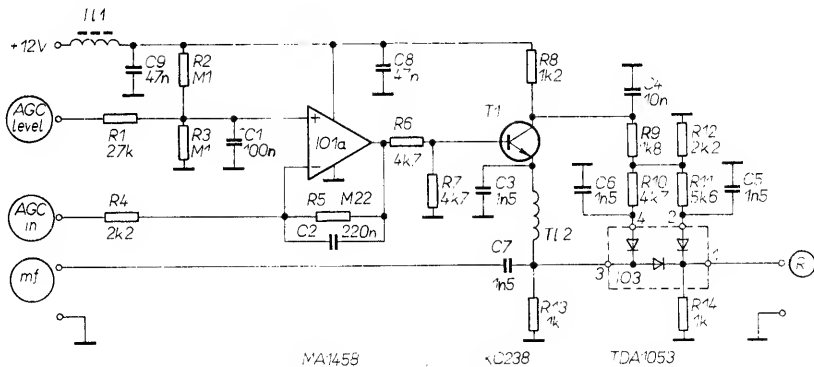
Útlumový článek

Z principu funkce PLL vyplývá, že pro stálou šířku pásma demodulace je nutné na jeho vstup přivádět vř signál o konstantní amplitudě. Pro tuto funkci je určen obvod útlumového článku s příslušnými řídicími

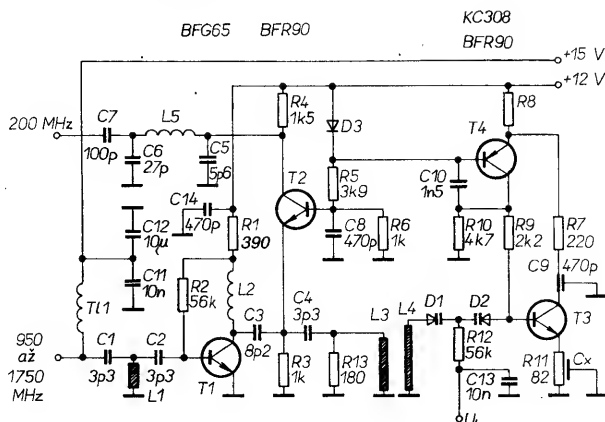
Vstupní tuner

K převodu libovolného kmitočtu z pásma 1. mezifrekvence (950 až 1 750 MHz) na kmitočet 2. mezifrekvence (200 MHz) je použito běžné zapojení tuneru (obr. 1) s přeladitelným oscilátorem, kmitajícím o mezifrekvenční kmitočet nad kmitočtem vstupního signálu. Zapojení se skládá ze tří částí:

Vstupní zesilovač s tranzistorem T1 je zapojen se SE s kombinací odporu a indukčnosti v kolektoru. Stabilizace pracovního bodu T1 je zajištěna zpětnou vazbou R2 z kolektoru tranzistoru. Vstupní signál je pro jednoduchost přiváděn na bázi T1 pouze přes horní propust (článek T), a to především



Obr. 1. Vstupní tuner



Obr. 2. Útlumový článek

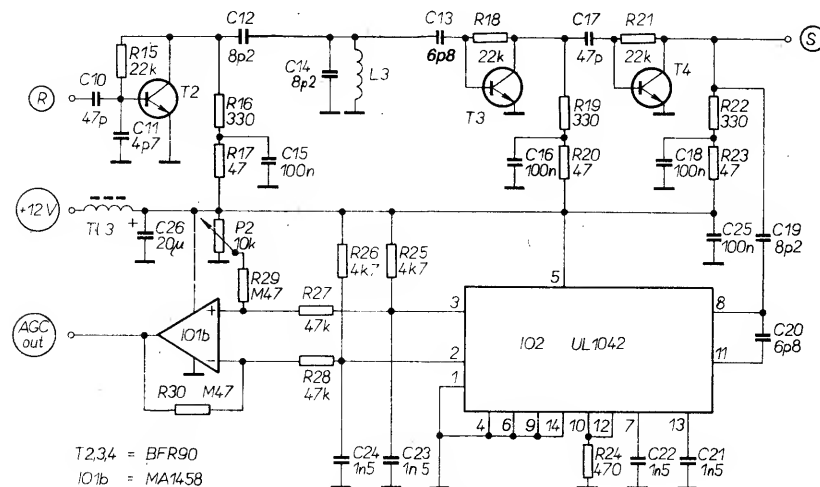
obvody, který umožňuje plynule měnit a stabilizovat požadovanou velikost amplitudy signálu. Obvod je řešen útlumovým článkem na vstupu zesilovače 2. mezifrekvence sestaveným z trojice diod PIN ve tvaru článku π . Dostupnou součástkou pro stavbu je IO TDA1053 z televizního tuneru z MLR, který obsahuje diody v požadovaném uspořádání.

Obvod regulace pracuje ve dvou režimech.
– manuální – nastavuje se stabilní zesílení 2. mezifrekvence;
– automatický – udržuje se konstantní amplituda signálu na vstupu PLL.

V manuálním provozu je regulační smyčka rozpojena – nezapojený invertující vstup operačního zesilovače IO1A. Tento zesilovač

pracuje se zesílením 1 a jeho výstupní napětí je závislé pouze na poloze potenciometru P1. V automatickém provozu je invertující vstup ovládnán přes R4 stejnosměrným napětím z vrcholového detektoru a zesilovač má na tomto vstupu zesílení -100, dané poměrem R5/R4. Porovnáním napětí na obou vstupech vyvolá na výstupu operačního zesilovače řídicí napětí, které ovládá útlumový členek v závislosti na výstupním napětí mezifrekvenčního zesilovače. Tímto regulačním pochodem je udržována konstantní amplituda signálu 200 MHz na vstupu PLL.

Potenciometr P1 spolu s R1, R2, R3 slouží k nastavení stejnosměrné úrovně na neinvertujícím vstupu IO1A. C1 je blokovací kondenzátor. Odporový dělič R6, R7 spolu s tranzistorem T1 a odporovou sítí R8 až R14 tvoří obvod pro stejnosměrnou polarizaci regulačních diod útlumového článku. T12 a C3 až C6 zabezpečují blokování vř signálu. Kondenzátor C7 je oddělovací.



Obr. 3. Mezifrekvenční zesilovač

Mezifrekvenční zesilovač

Hlavním úkolem má zesilovač je selektivně zesílit signál, v našem případě o kmitočtu 200 MHz, na úroveň vhodnou pro zpracování v demodulátoru. Podstatná část zisku přijímače je soustředěna právě v tomto stupni. Součástí má zesilovače je také citlivý vrcholový detektor, nutný pro správnou funkci regulace zisku (AGC), což v našem případě současně znamená šířku pásma demodulace.

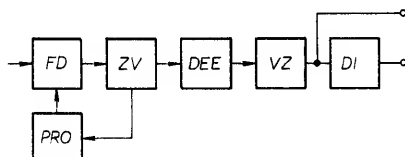
Mezifrekvenční zesilovač se skládá ze tří stupňů v zapojení SE. Stupně pracují s kapacitní vazbou a odporem v kolektoru, pouze mezi T2 a T3 je zapojena pásmová propust tvaru T. Proti původnímu zapojení v [1] a několika experimentů s laděnými transformátory, má toto řešení několik výhod. Především je lépe reprodukovatelné, má lepší tvar křivky propustného pásma a není nutné nastavení podle rozmitače. Tranzistor T4 je nutné osadit v případě velmi dlouhého svodu od antény nebo při použití složitější pásmové propusti. Pro správnou funkci PLL je důležitý především co nejplošší vrchol křivky. Pokud má propust výraznější vrcholy, fázový záves je nestabilní a „přeskakuje“ mezi nimi. Kondenzátor C11 blokuje směšovací produkty nad 200 MHz. Kapacita vazebních kondenzátorů C10, C17 omezuje zesílení v oblasti pod 200 MHz. Stabilizace stejnosměrného pracovního bodu jednotlivých stupňů je zajištěna napájením bázi tranzistorů přes odpory z kolektorů. Napájecí napětí jednotlivých stupňů je filtrováno články RC R17, C15, R20, C16, R23, C18.

Ve funkci vrcholového detektoru je zapojen obvod UL1042 (SO42). Z kolektoru T4 je přiveden na jeho dva vstupy přes kondenzátory C19, C20 mezifrekvenční signál. Kondenzátory C21, C22 jsou blokovací. Rezistorem R24 se nastavuje pracovní bod integrovaného obvodu. Rezistory R25, R26 jsou pracovní rezistory na výstupech IO, které jsou současně pro zbytkové vř složky zablokovány kondenzátory C23, C24. Rozdíl napětí na vývodech 2, 3 IO je přímo úměrný vrcholové hodnotě vř signálu na výstupu mezifrekvenčního zesilovače. Toto napětí je zesilováno v operačním zesilovači IO1B. Zesílení IO1B je dáno poměrem R30/R28. R27 kompenzuje vstupní proud IO a P2 s R29 slouží k nastavení vztažné výstupní úrovně. Výstup z vrcholového detektoru se používá jednak pro řízení útlumového článku a také je možno tímto napětím indikovat velikost vstupního signálu do přijímače.

Obrazový demodulátor

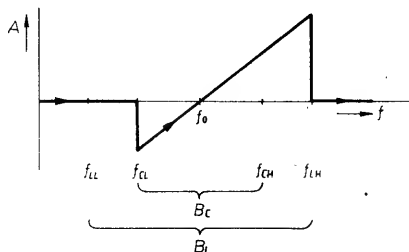
Klíčovou částí každého družicového přijímače je demodulátor FM obrazu, kterého vlastnosti určují kvalitu celého zařízení. Nejlepší a současně nejjednodušší řešení je použití speciálních integrovaných obvodů vyvinutých výhradně pro tyto účely (např. Plessey 1451-5). V našich podmínkách se musíme vydat cestou sice složitější, ale nakonec také vedoucí ke zvýšenému konci. Velice elegantním způsobem je vyřešení problém obrazové demodulace v [1], ze kterého vycházíme. Zapojení je řešeno jako fázový záves (PLL).

Pro pochopení funkce PLL uvedeme to nejjednodušší z jeho principu. PLL je zpětnovazební systém. Skládá se z obvodů, fázového detektoru (FD), zpětné vazby (ZV) a napětově řízeného oscilátoru nebo v našem případě proudově řízeného oscilátoru (PRO).



Obr. 4. Blokové schéma demodulátoru

Blokové schéma je na obr. 4. Jsou zde zakresleny i další obvody praktického zapojení, deemfaze (DEE), videozesilovač (VZ) a obvod pro odstranění přídavné modulace (antidispersní - DI). FD vytváří na svém výstupu napětí, úměrné rozdílu fáze vstupního signálu a fáze místního PRO. Toto napětí se vhodně stejnosměrně a střídavě upraví v obvodu ZV a dále se jím řídí kmitočet PRO. V určitém rozsahu je PLL schopno udržet místní PRO v závěsu s kmitočtem na vstupu FD. Tato vlastnost platí symetricky na obě strany od f_0 . Rozdíl horního a dolního kmitočtu závěsu udává šířku pásma závěsu B_L - což je šířka pásma demodulace. f_0 je kmitočet volně běžícího



Obr. 5. S-křivka

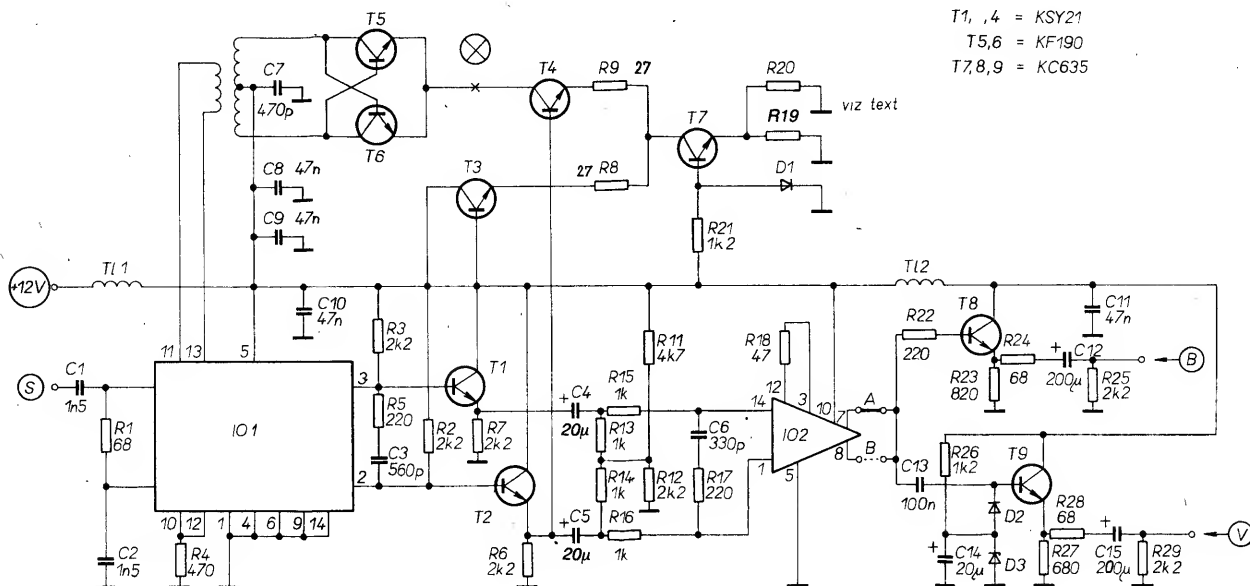
PRO, pokud není na vstupu PLL žádný signál, nebo je kmitočet vstupního signálu dostatečně vzdálen od f_0 . Regulační napětí na výstupu ZV je již přímo demodulované napětí získané ze signálu FM, které se zpracovává v dalších obvodech. Kmitočtová závislost obvodu ZV udává dynamické chování obvodu PLL a současně ovlivňuje tzv. šířku pásma záhybu B_C , což je rozdíl horního a dolního kmitočtu, při kterém je schopen se PLL zachytit na kmitočet vstupního signálu, když se tento dostane mimo B_L . Schematicky jsou všechny tyto vztahy zachyceny na obr. 5.

Platí $B_C < B_L$, z toho vyplývá, že pokud měříme na PLL rozmitačem v dostatečně širokém pásmu, vychází S-křivka PLL demodulátoru vždy nesymetricky (obr. 5). Šipky ukazují směr změny kmitočtu.

Obvod je sestaven částečně z diskretních součástek a částečně z integrovaných obvodů. To je dáno především tím, aby se důležité obvody daly optimalizovat pro dané použití, a také dostupností součástek. Indukčnosti VCO jsou realizovány na plošném spoji. Na obr. 6 je podrobné schéma zapojení PLL.

Jako fázový detektor (FD) je použit UL1042 IO1, který je velmi známý a nebudeme ho podrobně popisovat. Jeho vstup (vývody 7, 8), na který se přivádí signál FM z má zesilovače, je zapojen nesymetricky a jeho vstupní impedance je přibližně 50 Ω . Druhý, symetrický vstup (vývody 11, 13), na který je přiváděn signál z PRO, je navázán přes cívku L1 na pracovní cívku L2 PRO. Rezistor R4 nastavuje pracovní bod vnitřní struktury obvodu UL1042 a dá se jím nastavit citlivost FD. Výstupní chybové zpětnovazební napětí se odebírá na rezistorech R2, R3, které jsou zapojeny na vývodech 2, 3 obvodu UL1042. Mezi těmito výstupy je zapojen obvod RC R5, C3, který způsobuje kmitočtovou závislost zpětné vazby v PLL. Jelikož výstupní impedance na vývodech 2, 3 IO1 je velká, je zařazen za FD symetrický impedanční převodník, tvořený dvěma emitorovými sledovací T1 a T2. Tento stupeň napájí současně dva obvody. Stejně jako je navázán diferenciální budicí stupeň tvořený tranzistory T3 a T4. Proudem z kolektoru tranzistoru T4 je řízen PRO. Rezistory R8, R9 v emitorech T3, T4 zavádějí zápornou zpětnou vazbu, která nastavuje zisk regulační smyčky. Diferenciální stupeň je v emitorech napájen zdrojem proudu, tvořený tranzistorem T7, jehož pracovní bod je stabilizován diodou LED, která má pro toto použití výhodné vlastnosti.

V PRO jsou tranzistory T5, T6 zapojeny jako symetrický multivibrátor. Tento oscilátor má výhodu v tom, že se jeho kmitočet regu-



Obr. 6. Schéma zapojení PLL a videozesilovače

luje změnou proudu, což vede k rychlejší odezvě PRO na řídicí signál. Závislost kmitočtu na budícím proudu je nepřímo úměrná (se zvětšujícím se proudem se snižuje kmitočet). Pracovní impedanci oscilátoru je cívka L2 se střední odbočkou, indukčně vázaná na L1.

Druhým obvodem, připojeným na výstup emitorových sledovačů T1, T2, střídavě přes C4, C5, je integrovaný videozesilovač IO2 typu $\mu A733$, který zesiluje už kompozitní videosignál. Tento obvod má nastaveno zesílení asi na 30 dB, takže na výstupu je mezivrcholové napětí 1 V.

Na vstupu IO2 je zapojen velice jednoduchý obvod deemfaze, tvořený kondenzátorem C6 a rezistory R15, R16, R17. Rezistory R11 až R14 nastavují stejnosměrný pracovní bod IO2. Na výstupu je ještě připojen jednoduchý antidisperzní obvod. Videosignál je na výstupu IO2 v obou polaritách, ale využíváme pouze výstup signálu na vývodu 7 videozesilovače (spojka A). Současně je na výstupu zapojen emitorový sledovač, který zesiluje signál vhodný pro zpracování v dekodérech a využíváme ho pro napájení zvukového demodulátoru.

Zvukový demodulátor

Nosná zvukového doprovodu je obsažena ve spektru demodulovaného signálu, vystupujícího z obrazového demodulátoru nad

pásmem videosignálu, a to na kmitočtu zhruba v rozsahu 6 až 8 MHz. Jedná se opět o modulaci FM, ale na rozdíl od obrazové je tato úzkopásmová. Jak již bylo uvedeno výše, je v této konstrukci použito na demodulaci opět principu PLL.

Použitím speciálního IO typu NE564 se konstrukce tohoto obvodu natolik zjednodušila, že zapojení obsahuje pouze dvě tlumivky a ladění zajišťuje jediný varikap. Navíc se dá šířka pásma demodulace přepínat stejnosměrným napětím. Zapojení (obr. 7) je po úpravách převzato z [5].

Vzhledem k vlastnostem fázového závěsu je potřebné na jeho vstup přivádět signál o konstantní amplitudě k udržení potřebné šířky pásma demodulace. To obstarává vstupní přizpůsobovací obvod. Na vstupu modulu je jednoduchá horní propust (článek T), která propouští kmitočty nad 5 MHz. Dále se signál zesílí v jednoduchém nelaďném zesilovači s T1 (asi desetkrát). Zesílený signál se na konstantní amplitudu upraví jednoduchým diodovým omezovačem, sestaveným z rezistoru R5 a dvou antiparalelně zapojených diod, na maximální úroveň 0,5 V. Z diodového tvarovače je vstup PLL napájen přes odporový dělič R6, Rx. Malá impedance na vstupu PLL omezuje průnik nežádoucího rušení na vstup IO. Integrovaný obvod NE564 je provozován v režimu, který výrobce nepředpokládá, proto je užitečný signál pro úzkopásmovou demodulaci tohoto zapojení fázové pouze ně-

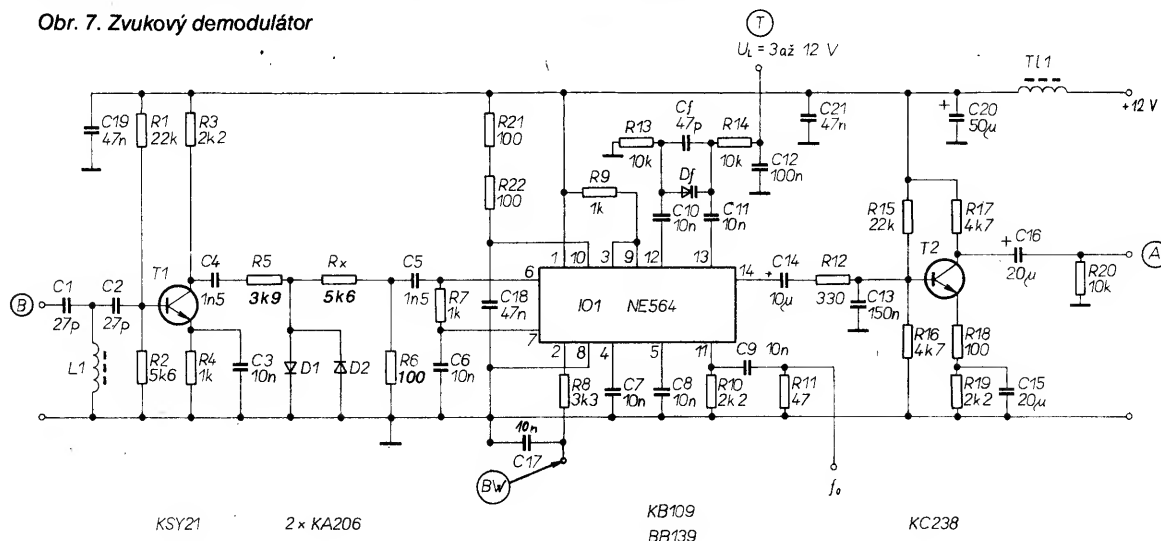
kolik milivoltů. Se součástkami podle schématu se dá nastavit šířka pásma kolem 300 kHz. Rezistor R8 na vývodu 2 IO a rezistor R9 na vývodu 3, 9 nastavují pracovní body struktury IO, což se využívá i pro nastavení šířky pásma. Součástky R10, R11, C9 tvoří přizpůsobovací článek měřícího bodu, na kterém je vyveden signál VCO pro měření a nastavení fázového závěsu.

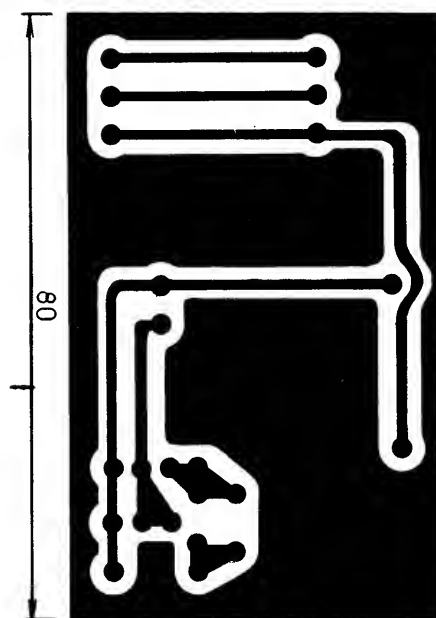
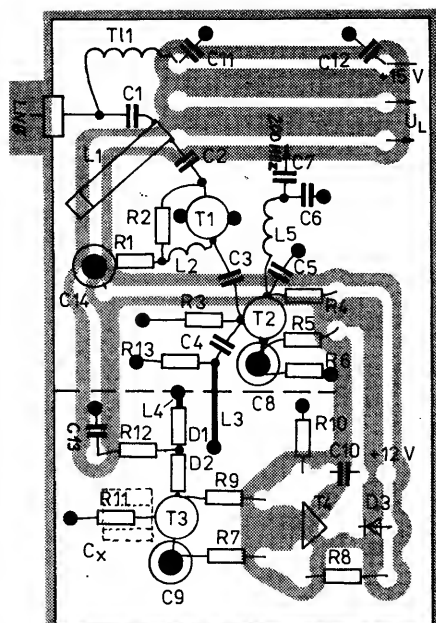
Napájení sekce VCO integrovaného obvodu (vývod 10) je 5 V a v původním zapojení byl tento vývod připojen přes stabilizátor 7805. Výrobce obvodu NE564 povoluje napájení vývodu 10 také jednodušším způsobem přes předřadný odpor 200 Ω , což se ukázalo jako naprosto dostatečné a stabilita VCO je po zahřátí obvodu (asi 3 min.) dobrá. Změna kmitočtu oscilátoru ze studeného stavu do ustálení je 150 kHz. Na desce s plošnými spoji je obrazec navržen také pro použití stabilizátoru 78L05.

Na vývody 12, 13 se připojuje kapacita, která s vnitřním odporem IO 100 Ω tvoří časovou konstantu pro funkci řízeného oscilátoru RC. Jako pracovní kapacita zde funguje paralelní spojení varikapu D3 a pevného kondenzátoru C1. Rezistory R13, R14 a kondenzátor C10, C11, C12 tvoří podpůrný obvod varikapu, který rozděluje jeho stejnosměrnou a střídavou funkci.

Kondenzátory C7 a C8 na vývodech 4 a 5 zavádějí kmitočtovou závislost zpětné vazby fázového závěsu. Demodulovaný nf signál získáváme na vývodu 14 IO. Článek

Obr. 7. Zvukový demodulátor





Obr. 8. Deska Y321 s plošnými spoji vstupního tuneru (modul A)

RC C13, R12 s vnitřním odporem IO tvoří obvod deemfaze ní signálu s kompromisní časovou konstantou 62μs, která nahradí přepínání 50 a 75 μs (podobně jako u přijímače GRUNDIG). Následuje jednostupňový zesilovač, z jehož výstupu lze vybudit ní zesilovač nebo vstup audio televizního přijímače.

Konstrukce a nastavení

Vstupní tuner je postaven na oboustranně plátovaném kupřextitu o rozměrech 50 × 80 mm, tloušťky 1,5 mm. Na horní straně je ponechána celá fólie, pouze jsou v ní větším vrtákem odřezovány otvory, kterými procházejí propojky stejnosměrného napájení. Na spodní straně desky jsou vytvořeny spoje pro přívod napájení a stabilizační obvod oscilátoru. Všechny součástky jsou na horní straně a jejich rozmístění je na obr. 8. Stejnoseměrné obvody můžeme propojit i na horní straně desky (podobně jako v [1]).

Stavbu začneme připájením bezvývodových kondenzátorů (C8, C9, C14) na svá místa. Nejlépe je na tuto choulostivou operaci použít dvě páječky. Fólii předem pocínujeme a necháme na ní malou kapku

Seznam součástek Vstupní tuner

Rezistory

R1	390 Ω
R2	56 kΩ
R3	1 kΩ
R4	1,5 kΩ
R5	3,9 kΩ
R6	1 kΩ
R7	220 Ω
R8	viz text
R9	2,2 kΩ
R10	4,7 kΩ
R11	82 Ω
R12	56 kΩ
R13	180 Ω

Kondenzátory

C1	3,3 pF
C2	3,3 pF
C3	8,2 pF
C4	3,3 pF
C5	5,6 pF
C6	27 pF
C7	100 pF
C8	470 pF, disk
C9	470 pF, disk
C10	1,5 nF
C11	10 nF
C12	10 μF
C13	10 nF
C14	470 pF, disk

Polovodičové součástky

T1	BFG65 (BFG67, BFR91A)
T2	BFR90
T3	BFR90
T4	KC308
D1	BB121A, BB405G
D2	BB121A, BB405G
D3	LED

Cívky T1 15 z, drátu o Ø 0,3 mm na Ø 3 mm

L1 12 + 2 mm, šířka 3 mm, fólie Cu tl. 0,3 mm

L2 1 z, vývod R1 na Ø 2 mm,

L3, L4 17 mm pocínovaný drát Ø 0,8 mm (délka je počítána i s varíkapou)

L5 6 z drátu Ø 0,7 mm na Ø 5 mm

cinu. Potom přiložíme kondenzátor a páječkami proti sobě nahříváme fólii v těsné blízkosti kondenzátoru, až vlastní vahou přilne na podložku. Na pozice těchto tří kondenzátorů doporučujeme typy s nejmenší tloušťkou, neboť větší provedení mají velkou indukčnost. Vhodné vlastnosti mají kondenzátory ze zmíněného maďarského tuneru, odkud použijeme i varíkapu BB121A.

Součástky pájíme s minimálními přívody a tranzistory umístíme těsně nad fólii. Emitory tranzistoru T1 přiletujeme k zemní fólii kapkou cinu až těsně na pouzdro. V nouzi můžeme nahradit tranzistor BFG65 na pozici T1 i tranzistorem BFR91A. Cívka L1 je vyrobena z tenkého měděného plechu délky 12 mm, šířky 3 mm a je umístěna 2 mm nad základní deskou. Jako R8 pro nastavení zaletujeme trimr 100 Ω. Po připojení na napájení 12 V by měl obvod odebírat maximálně 50 mA. Trimrem na místě P8 nastavíme proud kolektoru T3 na 16 mA, což je optimální pracovní bod pro maďarský tranzistor BFR90. Trimr nahradíme rezistorem. Kondenzátor Cx vyrobíme z tenkého plíšku širokého 10 mm, který vytváříme do tvaru Ω a zakrytujeme jím rezistor R11 na straně blíže k T3. Plíšek na obou koncích přiletujeme na měděnou fólii.

Správnou funkci oscilátoru zkontrolujeme měřením napětí na kolektoru T4, které by se mělo při přeladování U_i (2 až 33 V) plynule v malých mezích měnit. Pokud se napětí mění skokem, tak oscilátor vysazuje. Projeví-li se to při malém U_i , je nutné zvětšit Cx, jestliže při vyšším U_i , je nutné zmenšit proud oscilátoru. Na první zapojení má v uvedeném rozsahu ladícího napětí oscilátoru

přeladitelnost nejméně 550 MHz. Zvětšit přeladitelnost lze experimentováním s kapacitou 0,25 až 0,5 pF mezi bází T3 a zemí.

V emitoru T2 má být napětí kolem 1,5 V a v kolektoru T1 asi 6 V. Další nastavení je možné buď podle spektrálního analyzátoru nebo laděním jednotlivých transpondérů na družicích. Změna kmitočtu oscilátoru je možná změnou délky L4. Pásmová propust na výstupu se většinou nemusí ladit, neboť její propustná křivka je velice plochá.

Celý vstupní tuner uzavřeme do plechové krabičky, zaletujeme přepážku mezi oscilátor a ostatní obvody a osadíme konektor pro připojení signálu 1. mezifrekvence. Napájecí přívody vyvedeme průchodkovými kondenzátory, výstup 2. mezifrekvence skleněnou průchodkou příp. konektorem.

Na desky s plošnými spoji modulů B, C (obr. 9, 10) přiletujeme po obvodu stinici lemování z pocínovaného plechu o výšce 30 mm tak, aby na straně spoju bylo lemování vysoké 10 mm. Zapájíme přepážky, průchodkové kondenzátory pro napájení a průchodky pro signálové cesty a můžeme přistoupit k ožívování modulů.

Útlumový článek, pokud použijeme změřené bezvadné součástky, by měl pracovat na první zapojení. Jako P1 můžeme použít potenciometr 1 až 50 kΩ. Odzkoušet lze tento díl tak, že při rozpojené regulační smyčce otáčíme potenciometrem P1 a na výstupu operačního zesilovače by se mělo měnit napětí od 2 do 10 V. Signálním generátorem napájíme vstup útlumového článku a na výstupu zjišťujeme, mění-li se výstupní napětí. Lze použít i signál z antény pro televizní přijímač a sledovat změny na obrazovce TV přijímače.

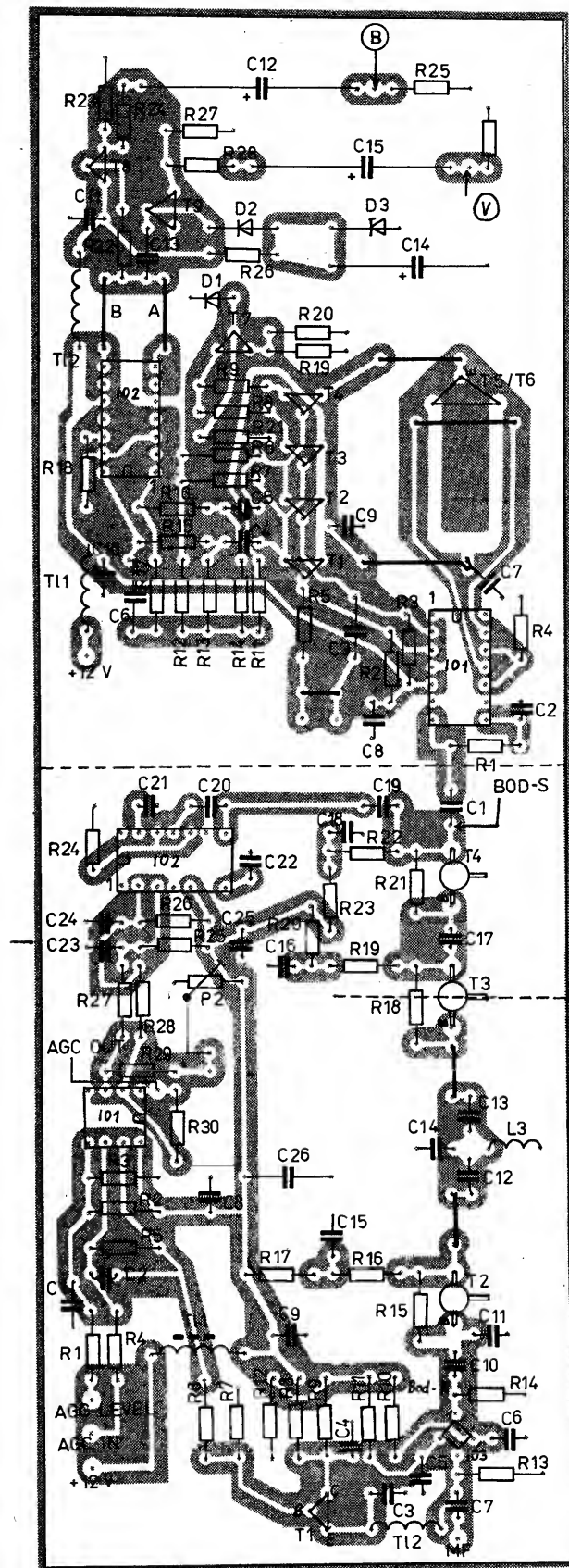
U mezifrekvenčního zesilovače je důležité, aby se tranzistory BFR90 osadily ze strany spoju, emitorovým vývodem směrem ven z desky, na plochu přímo na měděnou fólii. Emitory zakápneme větší kapkou cinu přímo u pouzdra. Desku s plošnými spoji v místech umístění tranzistorů neprovrtáváme! Pro další vylepšení stability je vhodné vytvořit z obou stran desky plechovou přepážku, rozdělující signálovou cestu na dvě části – po bází T3 a od kolektoru T3, tzn. přepážku vést přes pouzdro tranzistoru T3.

Na místě T4 lze použít také tranzistory typu BFY90, KF590, KF190 nebo podobné. Na místě P2 lze použít trimr 1 až 50 kΩ. Po připojení napájecího napětí bychom na kolektorech tranzistorů T2 až T4 měli naměřit napětí asi 5 V. Stabilitu zesilovače zkontrolujeme na výstupu osciloskopem, kde bychom kromě šumu neměli naměřit jiný signál.

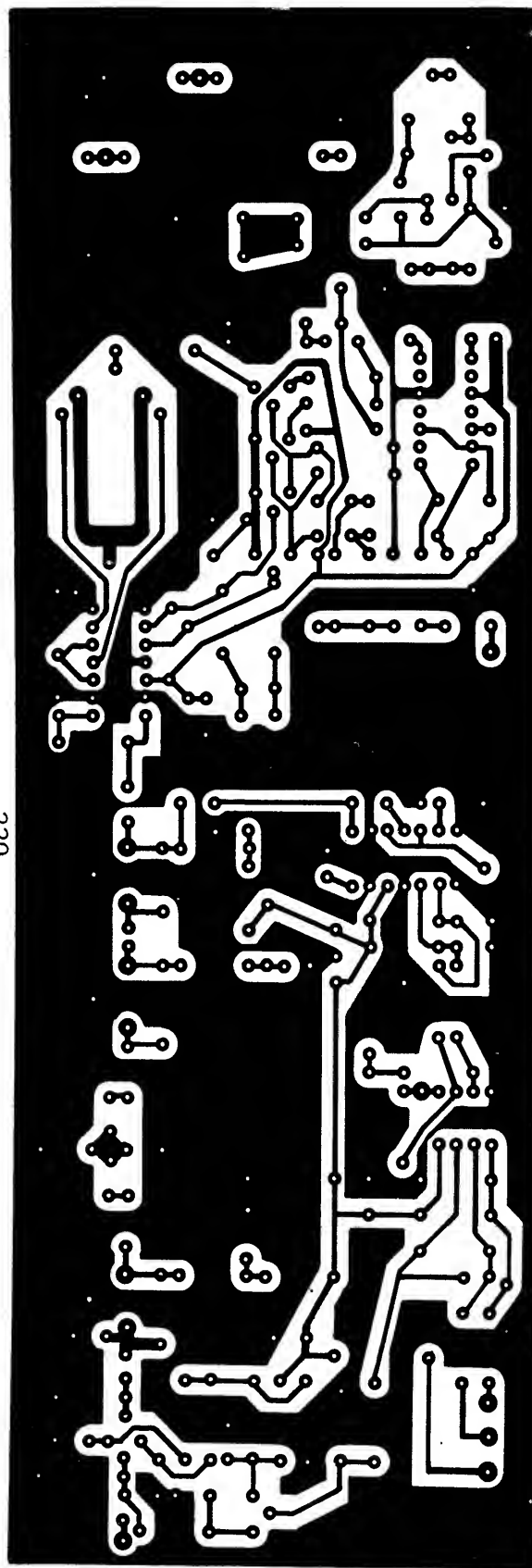
Vrcholový detektor odzkoušíme stejnou směrně tak, že otáčením P2 by se napětí na výstupu operačního zesilovače A1B mělo měnit v rozsahu 1 až 11 V.

Všechny součástky fázového závěsu 200 MHz osazujeme běžným způsobem, pouze jeden z tranzistorů T5, T6 je výhodné umístit ze strany spoju, a to tak, že co nejkratší vývody obou tranzistorů vytváříme, prostrčíme otvory v desce a společně zaletujeme. Na místě T5, T6 lze použít také tranzistory BFR90–91, SF245, případně i jiné s dostatečně vysokým mezním kmitočtem, ale proud oscilátoru proti doporučeným typům KF190, KF590, BFY90 bude odlišný. Doporučujeme rezistory R3, R2 a R8, R9 a tranzistory T3, T4 vybrat do dvojice se stejnými parametry. Tranzistory T1 až T4 mohou být i jiné než doporučené typy – důležité je u nich co nejvyšší mezní kmitočet, minimálně 200 MHz. Dobré zkušenosti jsou především se spinacími tranzistory. Kondenzátory C4, C5 jsou nejlepší kapkové tantalové. Na obou výstupech obvodu μA733 by mělo být stejné napětí 9,5 V, na emitoru T8 9 V a na emitoru T9 5 V.

Předběžně můžeme odzkoušet a nastavit



220



Obr. 9. Deska Y322 s plošnými spoji modulu B

Seznam součástek

Útlumový člunek a mf zesilovač

Rezistory

R1	27 kΩ	R4	2,2 kΩ
R2	100 kΩ	R5	220 kΩ
R3	100 kΩ	R6	4,7 kΩ

R7	4,7 kΩ	R17	47 Ω
R8	1,2 kΩ	R18	22 kΩ
R9	1,8 kΩ	R19	330 Ω
R10	4,7 kΩ	R20	47 Ω
R11	5,6 kΩ	R21	22 kΩ
R12	2,2 kΩ	R22	330 Ω
R13	1 kΩ	R23	47 Ω
R14	1 kΩ	R24	470 Ω
R15	22 kΩ	R25	4,7 kΩ
R16	330 Ω	R26	4,7 kΩ

R17	47 Ω	R27	47 kΩ
R18	22 kΩ	R28	47 kΩ
R19	330 Ω	R29	470 kΩ
R20	47 Ω	R30	470 kΩ
R21	22 kΩ	P1, P2	viz text
R22	330 Ω		
R23	47 Ω		
R24	470 Ω		
R25	4,7 kΩ		
R26	4,7 kΩ		

R27	47 kΩ	C4	10 nF
R28	47 kΩ	C5	1,5 nF
R29	470 kΩ	C6	1,5 nF
R30	470 kΩ	C7	1,5 nF
P1, P2	viz text	C8	47 nF
		C9	47 nF

Kondenzátory

C1	100 nF	C10	47 pF
C2	220 nF	C11	4,7 pF
C3	1,5 nF	C12	8,2 pF
		C13	6,8 pF

C14	8,2 pF	C20	6,8 pF
C15	100 nF	C21	1,5 nF
C16	100 nF	C22	1,5 nF
C17	47 pF	C23	1,5 nF
C18	100 nF	C24	1,5 nF
C19	8,2 pF	C25	100 nF
		C26	20 μ F

Polovodičové součástky

IO1	MA1458
IO2	UL1042 (SO42P)
IO3	TDA1053 (1062)
T1	KC238
T2	BFR90
T3	BFR90
T4	BFR90 (KF190)

Civky

T11	20 z drátu \varnothing 0,3 mm na feritové tyčce \varnothing 2 mm,
T12	15 z drátu 0,3 mm na \varnothing 3 mm,
L3	2,5 z na \varnothing 5 mm, stoupání 1,5 mm, drát \varnothing 0,8 mm.

Seznam součástek Obrazový demodulátor

Rezistory		R24	68 Ω
R1	68 Ω	R25	2,2 k Ω
R2	2,2 k Ω	R26	1,2 k Ω
R3	2,2 k Ω	R27	680 Ω
R4	470 Ω	R28	68 Ω
R5	220 Ω	R29	2,2 k Ω
R6	2,2 k Ω	Kondenzátory	
R7	2,2 k Ω	C1	1,5 nF
R8	27 Ω	C2	1,5 nF
R9	27 Ω	C3	560 pF
R11	4,7 k Ω	C4	20 μ F
R12	2,2 k Ω	C5	20 μ F
R13	1 k Ω	C6	330 pF
R14	1 k Ω	C7	470 pF
R15	1 k Ω	C8	47 nF
R16	1 k Ω	C9	47 nF
R17	220 Ω	C1	47 nF
R18	47 Ω	C11	47 nF
R19, R20	viz text	C12	200 μ F
R21	1,2 k Ω	C13	100 nF
R22	220 Ω	C14	20 μ F
R23	820 Ω	C15	200 μ F

Polovodičové součástky

IO1	UL1042 (SO42P)
IO2	μ A733 (MA733)
T1	KSY21
T2	KSY21
T3	KSY21
T4	KSY21

T5	KF190 (KF590)
T6	KF190 (KF590)
T7	KC635
T8	KC635
T9	KC635
D1	LED
D2	KAS31
D3	KA260/6V8

Civky

T11, T12	20 z drátu o \varnothing 0,3 mm na feritové tyčce \varnothing 2 mm
----------	--

Seznam součástek Zvukový demodulátor

Rezistory

R1	22 k Ω	R13	10 k Ω
R2	5,6 k Ω	R14	10 k Ω
R3	2,2 k Ω	R15	22 k Ω
R4	1 k Ω	R16	4,7 k Ω
R5	3,9 k Ω	R17	4,7 k Ω
R6	100 Ω	R18	100 Ω
R7	1 k Ω	R19	2,2 k Ω
R8	3,3 k Ω	R20	10 k Ω
R9	1 k Ω	R21	100 Ω (0,25 W)
R10	2,2 k Ω	R22	100 Ω (0,25 W)
R11	47 Ω	Rx	viz text
R12	330 Ω		

Kondenzátory

C1	27 pF	C11	10 nF
C2	27 pF	C12	47 nF
C3	10 nF	C13	150 nF
C4	1,5 nF	C14	10 μ F
C5	1,5 nF	C15	20 μ F
C6	10 nF	C16	20 μ F
C7	10 nF	C17	10 nF
C8	10 nF	C18	47 nF
C9	10 nF	C19	47 nF
C10	10 nF	C20	50 μ F
		C21	47 nF
		C _i	viz text

Polovodičové součástky

D1	KA206
D2	KA206
D _i	KB109 (BB139)
T1	KSY21 (KSY62B)
T2	KC508 (KC238)
IO1	NE564

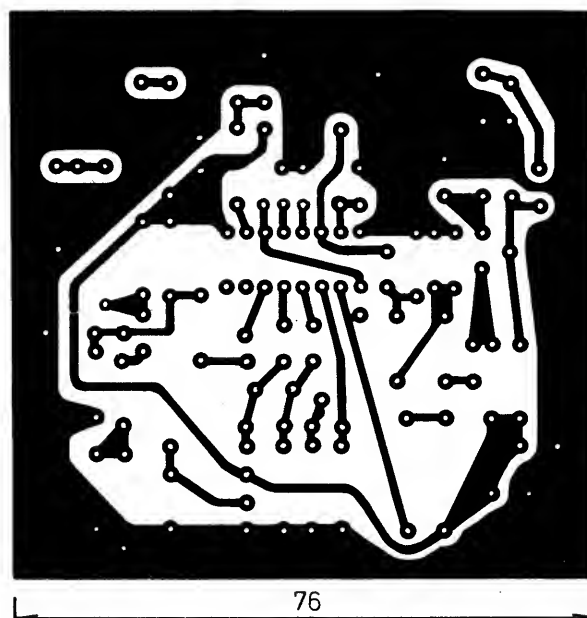
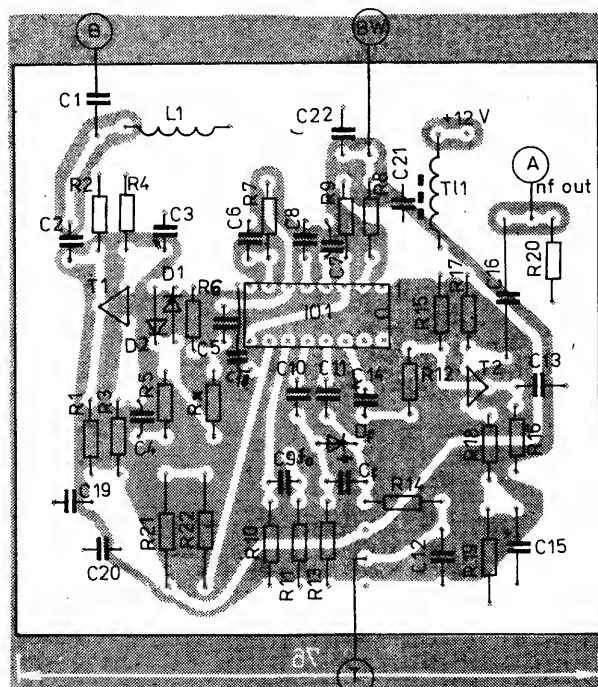
L1	80 z drátem o \varnothing 0,1 mm na rezistor TR 152
T11	20 z drátem o \varnothing 0,3 mm na feritové tyčce \varnothing 2 mm.

oscilátor osciloskopem nebo citlivým čítačem, který připojíme do bodu X přes kondenzátor asi 33 pF. Trimmerem 220 Ω na místě R19 nastavíme kmitočet oscilátoru (při vstupu PLL zatíženém rezistorem 56 Ω) na 200 MHz (pro BFY90 je kolektorový proud T4 asi 14 mA). Proudový zdroj s tranzistorem T7 se tedy nastaví na 28 mA. Změnou proudu lze zkontrolovat schopnost rozladění oscilátoru, případně zjistit linearitu. Minimální rozladění by mělo být ± 25 MHz.

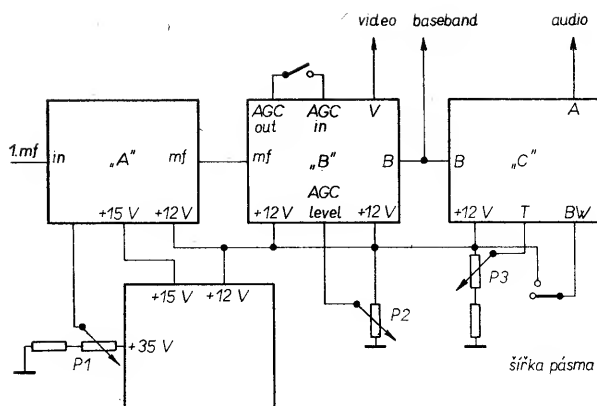
Pro konstrukci zvukového demodulátoru platí běžné zásady, pouze kondenzátor C18 přiletujeme přímo na vývody integrovaného obvodu NE564. Po zapnutí napájecího napětí zkontrolujeme napětí na vývodu 10, kde bychom měli naměřit 5 V \pm 0,2 V. Na kolektoru T1 má být 7,5 V a na kolektoru T2 8,5 V. Na měřicí bod fo připojíme čítač a na přívodu ladičního napětí U_s nastavíme 12 V. Změnou C_i nastavíme nejvyšší používaný kmitočet 8,2 MHz. Změnou U_i směrem k nule nastavíme nejnižší používaný kmitočet (5,7 MHz) a změříme U_i. Vypočítáme odpor rezistoru, který zapojíme mezi dolní konec ladičního potenciometru a zem. Potenciometr může mít odpor 1 až 100 k Ω . Pokud nepotřebujeme tak široké přeladění, zúžíme rozsah ladění, čímž dosáhneme citlivější ovládní.

Po tomto předběžném nastavení propojíme všechny moduly podle blokového schématu (obr. 10). Celou sestavu připojíme na audio a video vstup televizního přijímače. Parabolu nasměrujeme na nějaký silnější transpondér a potenciometr AGC vytočíme směrem k napájecímu napětí +12 V. Pro ladování pásma 1. mf. se snažíme naladit transpondér některé ze silnějších družic – (ASTRA). Je velice důležité na toto první zapojení přístroje použít odzkoušenou a nastavenou parabolickou anténu s konvertorem, abychom se vyhnuli zklamání z nezdaru a ušetřili spoustu času hledáním chyby v jiných částech zařízení.

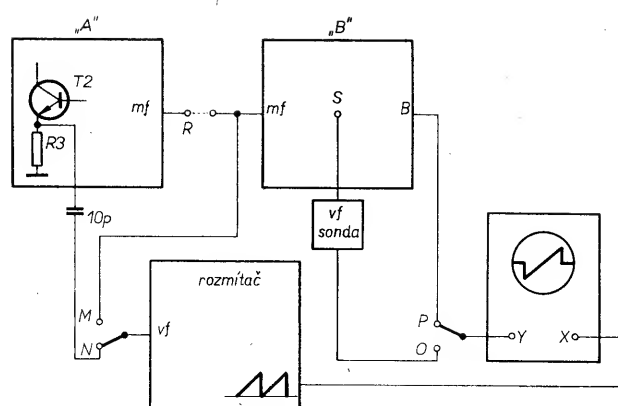
Ladíme z horního konce pásma, tj. od ladičního napětí 33 V dolů, čímž naladíme nejdříve správný (vyšší) směšovací produkt. Jakmile naladíme nějaký transpondér, potenciometrem „AGC level“ nastavíme nejlepší obraz. Při zvětšování úrovně se rozšiřuje šířka PLL demodulátoru obrazu a v obraze začne rušit stín obrazu vedlejšího kanálu, při užší šířce pásma se vytrhává obraz v plochách sytých barev a zmenšuje se ostrost obrazu. Současně zkontrolujeme,



Obr. 10. Deska Y323 s plošnými spoji zvukového demodulátoru (modul C) – C22 má být správně C17



Obr. 11. Celkové blokové schéma



Obr. 12. Zapojení pro měření tuneru

mění-li se výstupní napětí „AGC out“. Nastavíme nejlepší obraz a změříme napětí na neinvertním vstupu IO1A a přesně stejné napětí nastavíme trimrem P2 na výstupu „AGC out“. Propojením vývodu „AGC in“ „AGC out“ zapneme automatickou stabilizaci šířky pásma demodulace obrazu. Ta závisí na nastavení potenciometru „AGC level“. Tím je nastavena mezifrekvenční cesta signálu. Rezistorem R18 v demodulátoru obrazu nastavíme, pokud je to nutné, výstupní mezivrcholové napětí na výstupu V na 1 V. Bez přístrojů nastavíme obraz tak, aby ve srovnání s jinými videesignály na vstupu video televizního přijímače byl obraz stejně sytý. Pokud je obraz příliš světlý a kontrastní, tak odpor rezistoru R18 zvětšíme, pokud je tmavý a je nestabilní synchronizace, pak odpor zmenšujeme, případně nahradíme spojkou.

Zvukový díl stačí při nastaveném nejlepší obrazu proladit a měli bychom zachytit zvukový doprovod obrazu. Odpor Rx při naladění zvukového doprovodu (nejlépe mono – 6,5 MHz, ASTRA) nastavíme šířku pásma tak, že přepínač na výstupu BW nastavíme do polohy +12V a zmenšujeme odpor rezistoru Rx (trimr 500 Ω) do toho okamžiku, až začne být zvuk zkreslený, za stálého doladění.

vání. Trimr potom nahradíme rezistorem s odporem 1,5 krát větším než změřená hodnota trimru. Při přepínání přepínače BW do polohy „nezapojený“ je šířka pásma poloviční.

Pro ty, kteří mají přístup k měřicím přístrojům, ještě stručný popis přesného nastavení (obr. 12). Tvar křivky mezifrekvenční propusti zkontrolujeme v zapojení se spojkou R rozpojenou, signál z rozmitače přes bod M a vstup osciloskopu přes bod O. Úpravou součástek je vhodné nastavit plochý vrchol křivky a šířku pásma kolem 20 MHz pro pokles –3 dB. Dále zapojíme spojkou R, výstup rozmitače zapojíme přes bod N na emitor směšovacího tranzistoru T2 ve vstupním tuneru a nastavíme článek π C5, C6, L5 do zákrytu s pásmovou propustí v mezifrekvenčním zesilovači, aby výsledná křivka byla co nejlepší.

Pro sladění mezifrekvenčního zesilovače a PLL demodulátoru ponecháme rozmitač zapojen přes N. Fázeový záves doladíme do zákrytu s křivkou mezifrekvenční propusti tak, že přepojujeme Y vstup osciloskopu mezi body O a P a doladíme oscilátor PLL rezistory R19 (R20), až se obě křivky překryjí. Střed S křivky demodulátoru je v bodě průchodu vodorovnou osou. Oscilátor PLL doladíme nejdříve trimrem R19, který po

nastavení nahradíme paralelní kombinací rezistorů R19 a R20.

Šířku pásma zvukového dílu nastavíme při vstupu BW zapojeném na +12V, $B_c = 300$ kHz.

Typy stabilizačních diod LED neudávám, protože lze využít jakékoliv, i nevhodné pro optické použití. Na jejich barvě nezáleží, protože se využívá pouze stabilita jejich napětí v propustném směru.

Měřicí přístroj indikující sílu signálu se dá připojit mezi výstup „AGC out“ a na druhé straně odporový dělič, který si každý snadno spočítá.

Přijímač vyžaduje tato napájecí napětí: 12V, 250mA; 15V, 200mA; 33V, 1mA.

Popsaná konstrukce je myšlena jako základ satelitního přijímače, který si každý konstruktér rozšíří podle svých požadavků a možností, např. o stereofonní zvuk, předvolby, indikace nebo mikroprocesorové ovládání. Současně i popisované obvody se dají ještě určitě vylepšit.

Literatura

- [1] UKW – Berichte č. 4/1986
- [2] AR A č. 5 až 8/1989
- [3] AR A č. 12/1988, č. 1, 2/1989
- [4] Elektor č. 10, 11/1986
- [5] Konstrukční příloha AR 1987

(Dokončení ze str. 29)

šuje spolehlivost provozu. Integrovaný obvod SDA9088, který byl vyvinut na základě zkušeností s technologií dynamické paměti RAM 1 Mb, slouží navíc k podstatně zlepšení kvality obrazu, než to dovolují jiná současná řešení.

Obvodem SDA9088 je možné promítnout zmenšený obraz do možného televizního obrazu, přičemž oba obrázkové zdroje s ohledem na standard a synchronizaci signálů jsou zcela navzájem nezávislé. Sloučením obrazové paměti, řízení, číslicového zpracování a číslicového analogového převodníku do jediného čipu má nyní výrobce televizorů možnost dodávat televizní přijímače a videomagnetofony s funkcí promítání obrazu do obrazu, a to nejen ve výborné kvalitě obrazu, ale především i cenově přístupně.

Způsob promítání obrazu je znám a používán již řadu let, avšak pro technickou a cenovou náročnost se však v přístrojích spotřební elektroniky nerozšířil. Hlavní příčinou byla příliš vysoká cena nezbytné obrazové paměti a vysoká cena periferních součástek analogové číslicového převodníku. Využitím současných nejmodernějších poznatků v technologii integrovaných obvodů

bylo možno všechny podstatné funkce sloučit do jediného integrovaného čipu – obrazového vkladacího procesoru SDA9088. Jeho hlavním úkolem je zmenšit obraz z druhého programového zdroje a synchronizovat jej s hlavním obrazem.

Plocha promítnutého zmenšeného obrazu se může volit ve dvou velikostech buď 1/9 nebo 1/16 plochy velkého obrazu. Zmenšený obraz se může promítnout do kteréhokoliv ze čtyř rohů hlavního obrazu. Uvnitř každého rohu je možno volit umístění obrazu v 16 \times 16 krocích. Tím se může obraz přizpůsobit ke specifické geometrii právě promítaného velkého obrazu.

Ve srovnání s dosavadním řešením se zmenšení obrazu v procesoru SDA9088 neprovádí jednoduše vypuštěním nepotřebných obrazových bodů. Před každým horizontálním i vertikálním zmenšením je zavedena číslicová filtrace, čímž se neztratí žádná nevyužitá informace.

Nová logická paměť Siemens zpracovává signály všech televizních norem běžných ve světě, jako je PAL, SECAM v Evropě, NTSC v USA a Japonsku. Vnitřní obvod pro rozpoznávání normy přijímaného signálu přepíná televizní přijímač automaticky. Proto je schopen obvod SDA9088 po převodu normy

odevzdat signály s řádkovým kmitočtem 32 kHz. Tato schopnost má zvláštní význam pro televizory nové generace, které obrazový kmitočet násobí z 50 Hz na 100 Hz nebo při systému 60 Hz zobrazují úplné obrazové snímky místo pulsů.

Integrovaný obvod SDA9088 se může provozovat jako čistě analogový, čistě číslicový nebo smíšený analogově-číslcový obvod. V běžných přijímačích je možné výlučně analogové řešení. Oba dekodéry barvy (pro hlavní a zmenšený obraz) jsou v tomto případě analogové. Siemens nabízí pro tyto účely trojnásobný analogově-číslcový převodník SDA9087, který se zapojuje mezi dekodér barvy malého obrazu v procesoru SDA9088.

SDA9088 a SDA9087 – dva integrované obvody, nic více nepotřebuje nový systém promítání zmenšeného obrazu do základního obrazu na stínítku televizního přijímače. Oba obvody na malé desce s plošnými spoji se mohou používat ve všech druzích televizních přijímačů. Přitom není podstatné, zda je obraz přijímán z některého vysílače, videomagnetofonu nebo družicového tuneru.

SŽ

Informace Siemens HL IS 0789.247d

MĚŘICÍ TECHNIKA

MULTIMETR DM 7106

Bohumil Novotný

Přístroje s číslicovým měřením základních elektrických veličin patří již dnes k běžnému vybavení laboratoře radioamatéra. Stavbu těchto přístrojů usnadňuje nabídka stavebnic ADM z prodejen TESLA Eltos.

Použitím prodávávaného modulu ADM 2000 nebo stavebnice ADM 2001 lze amatérskými prostředky zhotovit za přijatelnou cenu kombinovaný číslicový měřicí přístroj malých rozměrů z dostupných tuzemských součástek.

Při návrhu přístroje byl hlavním požadavkem malý rozměr při zachování univerzálnosti a přesnosti číslicového systému měření. Celková koncepce přístroje vychází z rozměrů a funkčních parametrů hotového modulu ADM 2000.

První varianta počítá s použitím modulu ADM 2000 a jeho spojením s deskami přepínačů a převodníku AC/DC. Ve druhém případě lze zhotovit všechny desky a osadit je třeba i součástkami ze stavebnice ADM 2001. Obě varianty mají shodné výsledné rozměry a elektrické parametry.

Měření napětí

Rozsahy: 200 mV, 2 V, 20 V, 200 V, 2000 V (s omezením do 600 V).

Vstupní odpor: 10 M Ω .

Měření proudu: jediný rozsah 2 A (s rozlišením 1 mA a vnitřním odporem 0,1 Ω).

Druhy provozu: DC, AC (bez kompenzace vstupního děliče asi do 2 kHz).

Měření odporů

Rozsahy: 200 Ω , 2 k Ω , 20 k Ω , 200 k Ω , 2 M Ω , 20 M Ω .

Teoreticky dosažitelná max. přesnost (z celého rozsahu): 0,05 %.

Nulování: automatické.

Opakovací doba: asi 0,3 s.

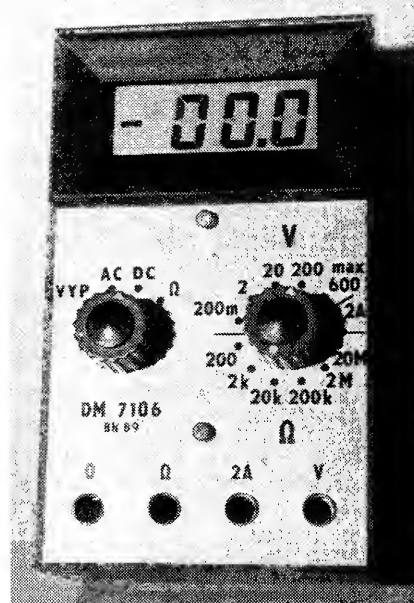
Indikace polarity: automatická, znaménkem minus na displeji (pro variantu s modulem ADM 2000).

Napájení: 7,5 V až 9 V (destičková baterie – typ 51D, 6 F 32).

Spotřeba: 4 mA při $U_b = 9$ V.

Obě varianty jsou zajištěny proti přepólování baterie a proti krátkodobému přetížení vstupním měřeným napětím.

Mechanické rozměry: 123 \times 73 \times 42 mm (bez ovládacích prvků a jiných vystupujících částí).

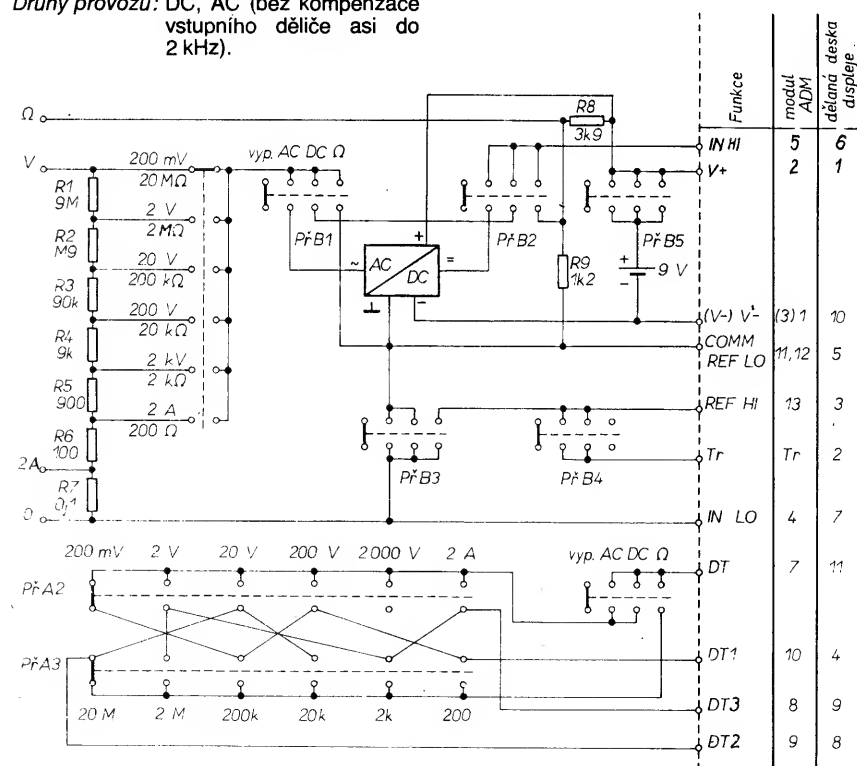


Popis zapojení

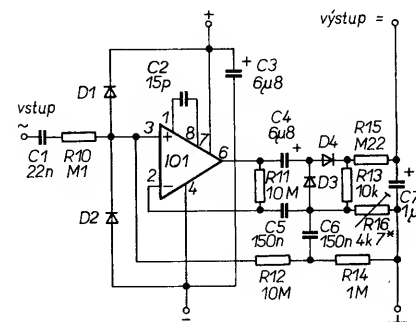
Všechny součástky přístroje jsou rozmístěny na třech deskách s plošnými spoji. Deska přepínačů nese vstupní a ovládací prvky (obr. 1). Rezistory R1 až R6 jsou předem vybrány na přesný odpor. Vhodné pro tento účel jsou destičkové rezistory WK 681 24, nebo rezistory z řady TR 161 a TR 193. Vstupní odpor děliče je na všech napěťových rozsazích konstantní. Pro měření odporu se rezistor R1 až R6 využívá jako poměrových normálů R_n . První sekce přepínače A1 je společná pro funkci voltmetru i ohmmetru.

Poslední napěťový rozsah 2000 V je omezen do 600 V s ohledem na předpokládanou elektrickou pevnost zvolené konstrukce.

K měření proudu v jediném rozsahu je v dolní části děliče zapojen rezistor R7 (0,1 Ω). Maximální měřitelný proud je 1,999 A s rozlišením 1 mA, což je provedení pro praxi dostačující a hlavně odpovídá dimenzování kontaktů běžných přepínačů. Rezistor R7 je navinut na \varnothing 3 mm z manganinového odporového drátu o \varnothing 1 mm. Potřebná délka drátu je asi 20 cm. Tento rezistor je připojen přímo na vstupní zdičky 0



Obr. 1. Schéma zapojení desky přepínačů



4 \times KA261 MAC155(CA3140)

C2 osazovat jen při IO1=CA3140

Obr. 2. Schéma zapojení desky převodníku

a 2 A. K jemnému nastavení lze paralelně k němu připojit další rezistor.

Další dvě sekce přepínače A ovládají polohu desetinné tečky.

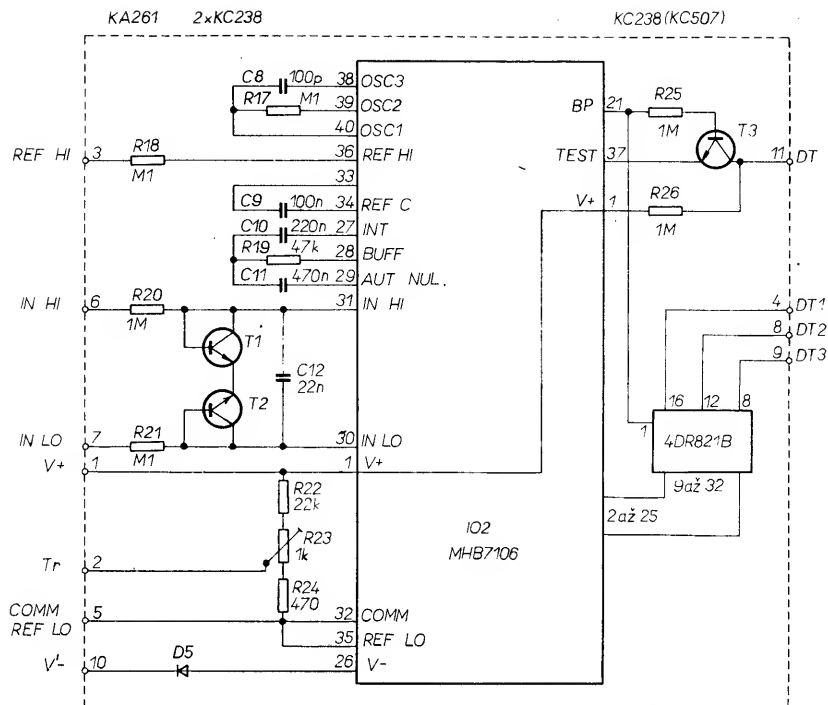
Přepínač B má čtyři polohy a šest samostatných sekcí. Přepíná se jím celé zapojení z funkce ohmmetru na voltampérmetr a provoz AC, DC.

Při provozu AC je přepínačem B zapojen lineární usměrňovač – převodník AC/DC. Kondenzátor C1 na vstupu převodníku odděluje stejnosměrnou složku. Ochranný obvod tvoří D1, D2 a R10. Je použit osvědčený operační zesilovač MAC155 se vstupy JFET a s malým odběrem napájecího proudu. Na kmitočtový rozsah nejsou kladeny velké nároky; není ani kompenzován vstupní dělič. Kondenzátor C2 se zapojuje jen při použití jiného operačního zesilovače (např. CA3140). Všechny kondenzátory by měly být kvalitního provedení (bez svodu) a elektrolytické kondenzátory tantalové.

Na desce displeje je 3 1/2místná výstupní zobrazovací jednotka LCD a integrovaný voltmetr IO2 (obr. 3). Základem je integrovaný obvod MHB7106, vyrobený technologií CMOS, pracující na principu dvojí integrace, který převádí stejnosměrné napětí na 3 1/2 místný digitální údaj. Obsahuje mimo jiné dekodér z kódu BCD na kód pro sedmsegmentový displej, budič zobrazovače LCD, zdroj referenčního napětí. Výstupní napětí referenčního teplotně stabilizovaného zdroje 2,7 V je připojeno k vývodům V+ a COMMON. Toto napětí je vnějším děličem nastaveno na potřebnou velikost a přivedeno na plovoucí vstupy REF HI a REF LO. Při použití vnějšího zdroje referenčního napětí je U_{REF} omezeno na rozsah V- až V+. Vnitřní oscilátor (vývody OSC 1, 2 a 3) je členem R17 (100 kΩ) a C8 (100 pF) nastaven na kmitočet 50 kHz. Tím je dosaženo opakovací doby měření 0,3 s a maximálního potlačení pro rušivá napětí síťového kmitočtu 50 Hz.

Integrační člen RC je zapojen mezi vývody 27 a 28. Jeho optimální odpor (s ohledem na základní rozsah 200 mV a minimální napájecí napětí 7 V) je R19 = 47 kΩ, kapacita C10 = 220 nF. Kondenzátor musí být jakostní. Doporučená kapacita kondenzátoru C11 pro automatické nulování (při základním rozsahu 200 mV) je 470 nF.

Je-li přístroj zapojen jako voltampérmetr, jsou výhody COMM, REF LO a IN LO přepínačem propojeny. Mezi REF HI a REF LO je trimrem R23 nastaveno referenční napětí 100 mV (přitom je základní citlivost mezi



Obr. 3. Schéma zapojení desky displeje

vstupy IN HI a IN LO 200 mV. Při zkrácení těchto vstupů se na displeji objeví tři nuly a s přestávkami je indikováno znaménko minus.

Pracuje-li přístroj jako ohmmetr, je referenční napětí přepínačem odpojeno od vstupu REF HI. Zapojení pracuje na poměrovém principu. Měřený rezistor R_x je v sérii s rezistorem R_n , který představují přepínané přesné rezistory vstupního děliče. Sériovými rezistory prochází společný proud. Úbytky napětí na R_x a R_n jsou přiváděny na vstupy IN HI, IN LO a REF HI, REF LO. Poměr obou napětí je vyhodnocen a zobrazen v číslicové formě. Údaj odpovídá naměřenému odporu R_x . Přeplnění je pro všechny funkce přístroje indikováno na displeji samostatným číslem 1. Číslem 1 000 je indikován stav, při němž se napětí mezi vstupy IN HI a IN LO rovná napětí na vstupech pro referenci REF HI a REF LO.

Na desce jsou zapojeny i ochrany vstupů IN HI a IN LO, složené z přechodů tran-

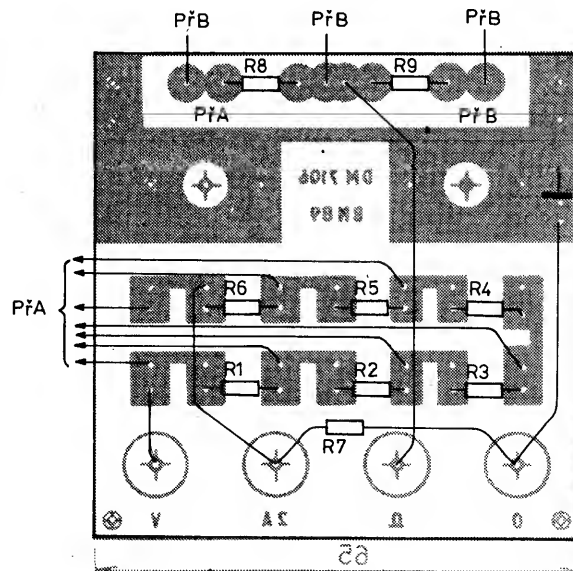
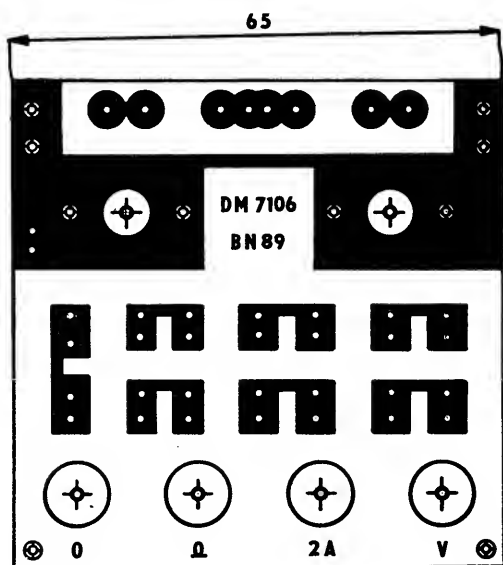
zistorů T1, T2 a rezistorů R20, R21, společně s filtračním kondenzátorem C12. Dioda D5 chrání IO2 před přepólováním zdroje. Lze ji vypustit a nahradit propojkou.

Segmenty displeje se aktivují střídavým napětím pravouhlého průběhu s kmitočtem asi 50 Hz, odebíraným ze společného vývodu BP. Stejnosměrná složka by s ohledem na životnost displeje neměla překročit napětí 50 mV. Desetinné tečky se budi inverzním napětím z vývodu BP. Zajišťuje to stupeň s tranzistorem T3, napájený z vývodů V+ a TEST.

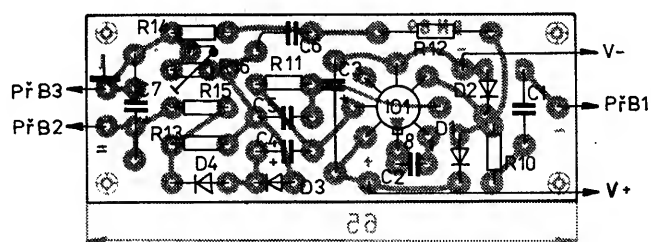
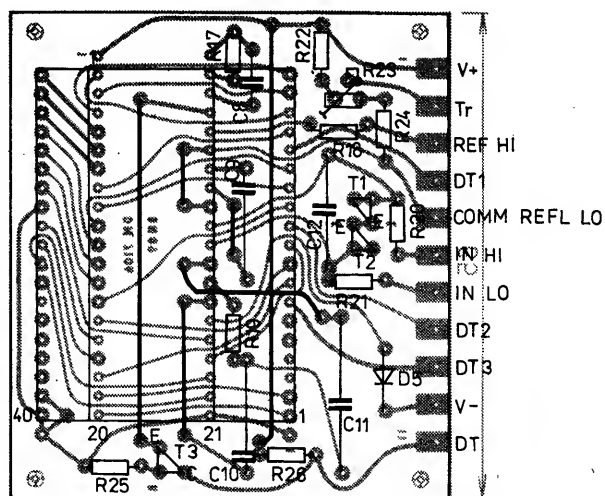
U modulu ADM 2000 je tato část osazena integrovaným obvodem CMOS (MHB4030) a navíc je ovládána šipka, indikující pokles napětí napájecí baterie pod 7,5 V.

Na plošných spojích modulu ADM 2000 je několik očíslovaných míst – propojek, které se podle příloženého návodu buď propájejí, nebo naopak přerušují. Pro naši potřebu bez ohledu na příložený návod platí:

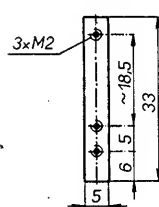
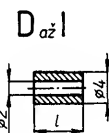
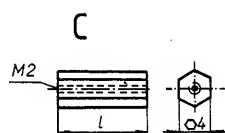
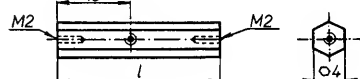
Spojené propojky: č. 2 a 3.



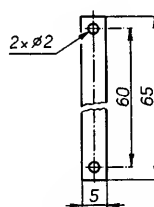
Obr. 4. Deska Y324 s plošnými spoji přepínačů a rozložení součástek



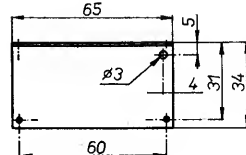
A.B



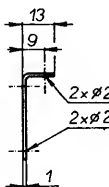
mat.: ocel, tl. 2 mm
2ks. zinkovat



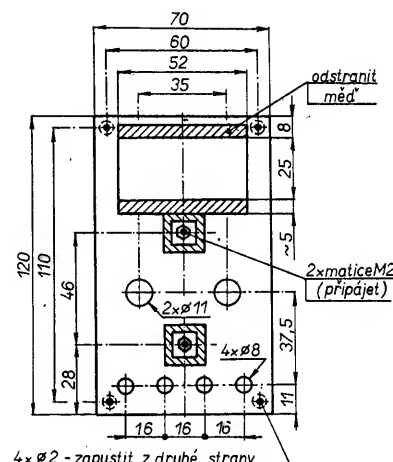
mat.: kuprexit tl. 1,5 mm
1 ks



mat.: dural, tl. 1 mm, 1 ks



Technical drawing of the front panel assembly (přední panel M) showing components and dimensions. The drawing includes labels for various parts: H (top cover), I (top panel), E (top panel), C (top panel), A (top panel), D (top panel), B (top panel), K (top panel), přední panel M (front panel), štítek "plexi" (plexi label), deska přepínačů AC/DC (AC/DC switch plate), držák baterie L (battery holder L), and dělaná deska displeje (display plate). Dimensions are indicated: 120 (width) and 30 (height).



mat.: kuprexitit 1 ks

Pozice-obr	l(mm)	material	použití	ks
A	22	mosaz 6HR4	obě varianty	2
B	29,5	mosaz 6HR4	obě varianty	2
C	12	mosaz 6HR4	obě varianty	2
D	4,5	dural	obě varianty	2
E	3	dural	obě varianty	2
F	3	textgumoid*	modul AMD2000	2
G	4,5	textgumoid*	modul AMD2000	2
H	6,5	dural	deska displeje	2
I	7	dural	deska displeje	2

Obr. 7. Mechanické díly přístroje a sestava

Rozpojené propojky: č. 1, 4, 5, 6, 7 a 8.
Výstup Tr referenčního napětí je vyveden
z plošného spoje, z místa zapájeného běžce
trimru pro nastavení U_{REF} .

Seřízení přístroje není náročné. Předpokladem je výběr přesných rezistorů vstupního děliče a nastavení základní citlivosti

200 mV trimrem R23. V případě použití modulu ADM 2000 je pro základní rozsah 200 mV nastaveno U_{REF} na 100 mV již od výrobce.

Proudový rozsah se upravuje změnou délky odporového drátu nebo (v malém rozsahu) paralelním připojením vhodného rezistoru k R7.

Správný převod efektivní hodnoty na odpovídající stejnosměrnou se nastavuje změnou rezistoru (nebo regulací trimru)

R16. Kmitočtový rozsah lze ovlivnit např. připojením kapacitního trimru WK 701 09 paralelně k vstupnímu rezistoru R1.

Rozměry přístroje závisí na velikosti prodáváného modulu ADM 2000, výšce dostupných přepínačů a na uložení baterie. Konstrukce je stavebnicová. Desky s ploš-

Seznam součástek

Deska přepínačů (obr. 1)

Rezistory:

R1	9 MΩ (5M1 + 3M9), TR 193
R2	900 kΩ (510 kΩ + 390 kΩ)
R3	90 kΩ,
R4	9 kΩ,
R5	900 Ω
R6	100 Ω
R7	0,1 Ω, viz text
R8	3,9 kΩ,
R9	1,2 kΩ

WK 68124 68,
TR 161,
TR 193

Přepínače:

PfA WK 533 38 (533 85)

PfB WK 533 46

Ostatní:

přístrojová zdička typ RD 1244 (WK 454 04), 4 ks
upravené přístrojové knoflíky WF 243 12, 2 ks
přístrojové nožky – viz text – 4 ks

Deska převodníku AC/DC (obr. 2)

Rezistory:

R10	100 kΩ
R13	10 kΩ
R14	1 MΩ
R15	220 kΩ
R16	4,7 kΩ (4k7) vybrat – viz text, nebo trimr 6,8 kΩ, TP 008, WN 790 10
R11, R12	10 MΩ, TR 214

TR 191

Kondenzátory:

C1	22 nF, TC 235
C2	15 pF, (jen při CA3140)
C3, C4	6,8 μF, TE 135
C7	1 μF, TE 135
C5, C6	150 nF, TC 215

Polovodičové součástky:

D1 až D4	KA261 (KA262)
IO1	MAC155 (CA3140)

Deska displeje (obr. 3)

Rezistory:

R17, R18, R21	100 kΩ
R19	47 kΩ
R20, R25, R26	1 MΩ
R22	22 kΩ
R24	470 Ω
R23	1 kΩ, TR 191 (trimr TP 095)

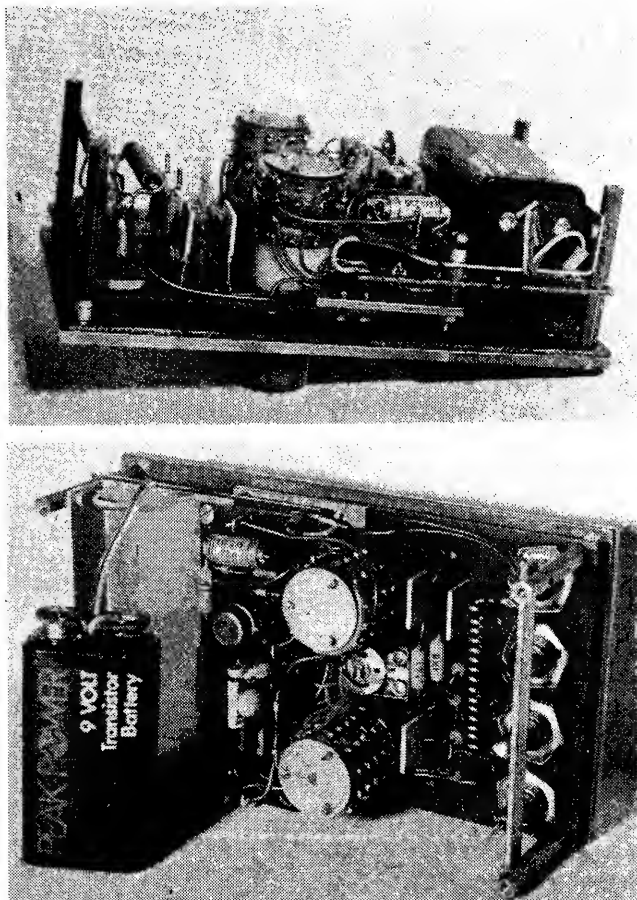
TR 191

Kondenzátory:

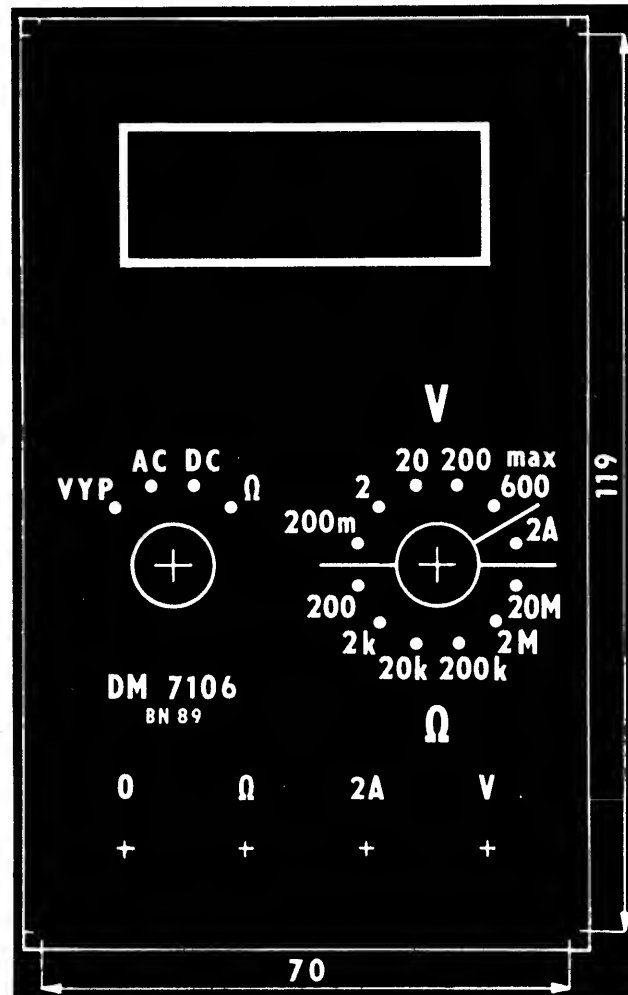
C8	100 pF, WK 714 11
C9	100 nF, TC 206
C10	220 nF, TC 205
C11	470 nF, TC 205
C12	22 nF, TC 217

Polovodičové součástky:

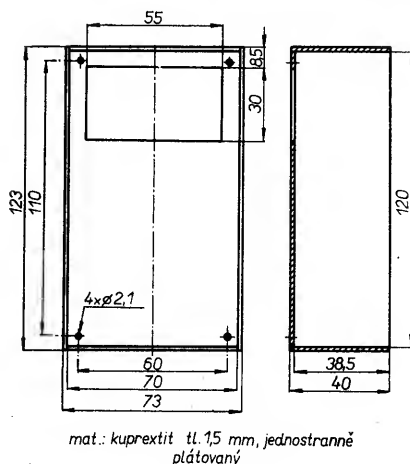
T1, T2, T3	KC 238
D5	KA261
IO2	MHB7106 (ICL7106)
Displej 4 DR 821 B	(včetně objímky)



Obr. 8a, b. Fotografie vnitřku přístroje



Obr. 9. Štítek přístroje



mat.: kuprexit tl. 1,5 mm, jednostranně plátovaný

Obr. 10. Výkres krabice na přístroj

nými spoji jsou k sobě připevněny šrouby s rozpěrnými sloupky a mechanicky spojeny s horním panelem, dole s držákem baterie. Celé je uloženo v krabici a upevněno šroubky, na nichž jsou nasazeny čtyři pryžové nožky.

Rozložení součástek na desce přepínačů je na obr. 4. Příslušné vývody přepínačů byly předem propojeny drátem o \varnothing 0,3 mm, hřídele zkráceny asi na 6 mm. Zdičky jsou přišroubovány k desce s plošnými spoji. Pro rezistory vstupního děliče je připraveno pole plošných spojů, které lze podle potřeby upravit.

Mechanické upevnění k desce displeje je dvojit: redukční pásky se závit (pro modul ADM 2000) nebo s deskou displeje jen rozpěrnými sloupky.

Osazení desky displeje je na obr. 5. Díry pro IO2 a displej mají průměr 0,8 mm. Jako první se zapojuje šest propojek (drátem

o \varnothing 0,3 mm ze strany součástí). IO2 a displej jsou pájeny do desky jako poslední a to podle všech zásad pro práci se součástkami CMOS. Optimální výška displeje nad deskou je 11 až 12 mm. Obě desky jsou propojeny izolovaným vodičem o \varnothing 0,3 až 0,4 mm, který je převážně veden ve svazku „kanálkem“ mezi přesahujícími plochami desek.

Ještě před připojením desky převodníku byl přístroj částečně oživen a nastaven.

Rozložení součástek na desce převodníku AC/DC je na obr. 6. Operační zesilovač IO1 se vstupy JFET je pájen jako poslední. K uchycení desky převodníku a držáku baterie na desku displeje slouží rozpěrné sloupky. Mechanické díly jsou na obr. 7, celkové uspořádání na obr. 8. Ke spojení jsou použity šrouby M 2.

Výška ovládacích knoflíků je zmenšena na strane kleštín částečným odsoustružením. Knoflíky jsou vzniklým zmenšeným průměrem zapuštěny do panelu až na doraz kleštín k závitům přepínačů.

Panel přístroje nese štítek s nápisy (obr. 9), krytý deskou z organického skla tloušťky 2 mm, na níž je upevněn panelový rámeček displeje ze stavebnice ADM 2000 nebo 2001. Z rubu rámečku je odstraněno původní vedení pro krycí transparentní destičku.

Aby byla zajištěna bezpečnost práce při měření, musí být povrch včetně ovládacích prvků izolován od všech spojů uvnitř přístroje!

Přístrojová krabička (obr. 10) je zhotovena z jednostranně plátovaného kupřextitu tloušťky 1,5 mm. Dno je zapuštěno do rámečku, jehož vnitřní rozměry jsou $120 \times 70 \times 40$ mm. Měď je odstraněna z okrajů všech částí, kde by mohla vyčnívat na povrch krabičky. Pájení cinem je nahoře (asi 5 mm od okrajů) přerušeno. Dno krabičky má otvor pro výměnu baterie. Spáry na povrchu krabičky jsou tmeleny (např. Eprosinem). Celý povrch krabičky je nakonec zdrsňen a nalakován.

Baterie je v prostoru držáku izolována (např. v polyetylenovém pytlíku) a utěsněna molitanem, vlepeným pod víkem.

Víko baterie je zajištěno na jedné straně dvěma „předními nožkami“ a na straně druhé kouskem plechu, který je přinýtován k víku, a který zapadne za okraj otvoru pro baterii.

Přístrojové nožky jsou vyrobeny z pryžového těsnění o vnějším průměru 10 mm, nalepeného lepidlem Chemopren na pertinaxovou podložku s dírou pro šroub M 2.

Až po dokončení je z povrchu displeje sejmuta ochranná fólie.

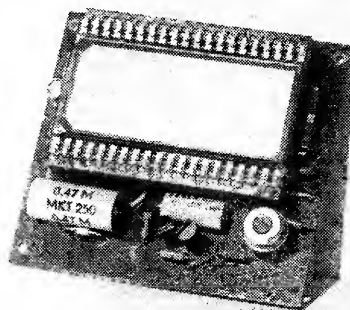
Seznam použité literatury

- [1] Obvody pro DVM, Amatérské radio řada B, č. 3/1985, s. 110.
- [2] Pacák, M.: Stejnoseměrný multimetr, Ročenka AR 1981, s. 8.
- [3] Čáp, P.: Digitální multimetr, VTM
- [4] Multimetr s ICL7106, Amatérské radio řada A, č. 11/1981, s. 26.
- [5] Moderní měřicí přístroje, Amatérské radio řada B, č. 4/1981, s. 123.

[6] Kellner, L.: Digitální multimetr. Příloha AR, 1983, s. 68.

[7] Návod pro stavebnice ADM 2000 a 2001, TESLA Rožnov k.p., závod Vrchlabí.

[8] Martínek, R.: Řízení zobrazovačů s kapalnými krystaly. Sdělovací technika, č. 2/1989, s. 45.



Obr. 11. Hotová „dělaná“ deska displeje

OHMMETR 7106

Ing. Marián Vrábek

S rozšířením převodníku A/D 7106 na našem trhu sa objavujú rôzne návody meracích prístrojov s týmto obvodom. Väčšinou ide o univerzálne prístroje. Pretože nie som zástancom stavby univerzálnych meracích prístrojov v amatérskych podmienkach a doposiaľ mi chýbal presný ohmmeter, rozhodol som sa pre využitie tohoto obvodu pre tento účel. Oproti bežným zapojeniam je ohmmeter 7106 rozšírený o rozsah 20 a 2 Ω .

Princíp merania

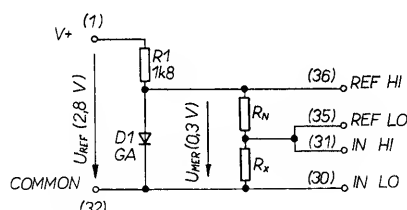
Využíva sa metóda porovnávania napätia na referenčnom a neznámom rezistore, ak obidvoma preteká rovnaký prúd. Metóda bola popísaná viackrát napríklad i v AR-A č. 11/81. Princípálne zapojenie je na obr. 1.

V tomto zapojení je však rozsah 20 Ω (resp. 2 Ω) nerealizovateľný, pretože pri meracom napätí 0,3 V na oboch rezistoroch pri $R_n = 10 \Omega$ (1 Ω) a $R_x = 0 \Omega$ je potrebný merací prúd až 30 mA (300 mA). Takýmto prúdom vnútorný zdroj referenčného napätia prevodníku 7106 zaťažiť nemožno. Preto bolo pôvodné zapojenie rozšírené o dva sledovače, čím sa prúdová zaťažiteľnosť meracieho napätia zvýšila. Princíp zapojenia je na obr. 2. Merací prúd v tomto prípade tečie z kladného pólu zdroja V+ cez OZ1, R_x , R_n , OZ2 do záporného pólu zdroja V-. Meracie napätie 0,3 V je nastavené trimrom R1.

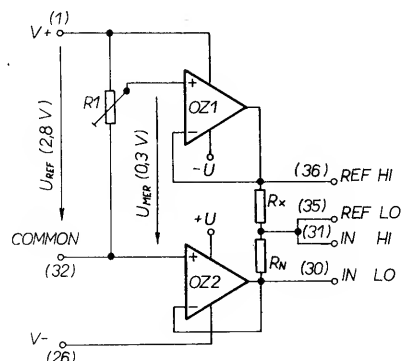
Modul ohmmetra

Pri meraní rezistorov na rozsahu 2 Ω je rozlišovacia schopnosť až 1 m Ω a preto je pre eliminovanie prechodových odporov a odporov meracích vodičov použité štvorvodičové pripojenie rezistorov R_x . Z obdobného dôvodu sú pre prepínanie R_n použité dva segmenty prepínača Pr. Celková schéma zapojenia modulu ohmmetra je na

obr. 3. Pre zväčšenie prúdovej zaťažiteľnosti boli OZ doplnené ešte tranzistorovými zosilňovačmi. Sekcia c prepínača Pr je využitá na



Obr. 1. Zapojenie pre meranie rezistorov z AR-A č. 11/81



Obr. 2. Princíp zapojenia pre zvýšenie prúdovej zaťažiteľnosti meracieho napätia

prepínanie desatinnej bodky. Rezistor R6 uzatvára obvod stabilizácie meracieho napätia pri rozpojených prúdových svorkách.

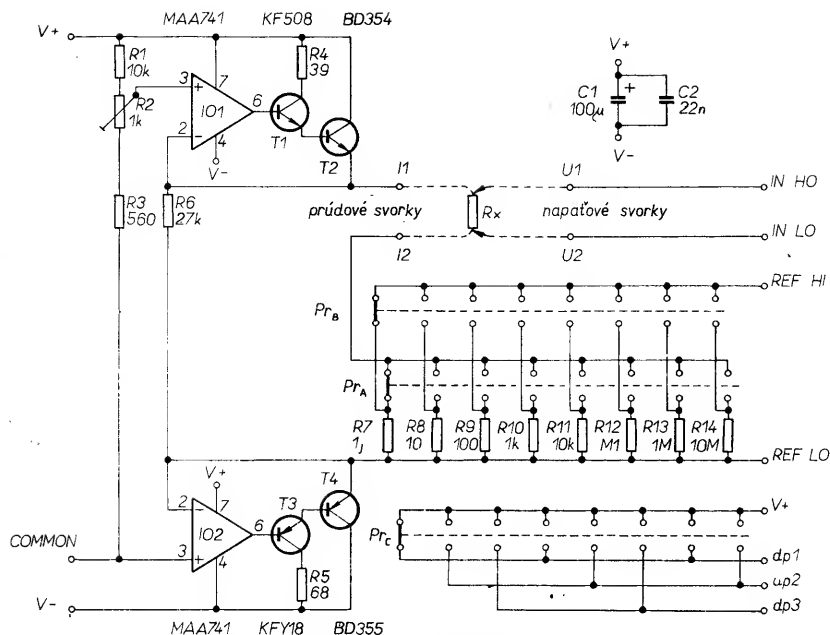
Základný modul

Zapojenie základného modulu bolo už niekoľkokrát publikované, ale pre úplnosť je na obr. 4. Pre ovládanie desatinných bodiek je použitý IO EXCLUSIVE-OR MHB4030. Jedno hradlo tohoto obvodu je na ovládanie indikácie stavu baterii (LO BAT). V čs. verzii zobrazovacej jednotky 4DR822 je text LO BAT nahradený šípkou.

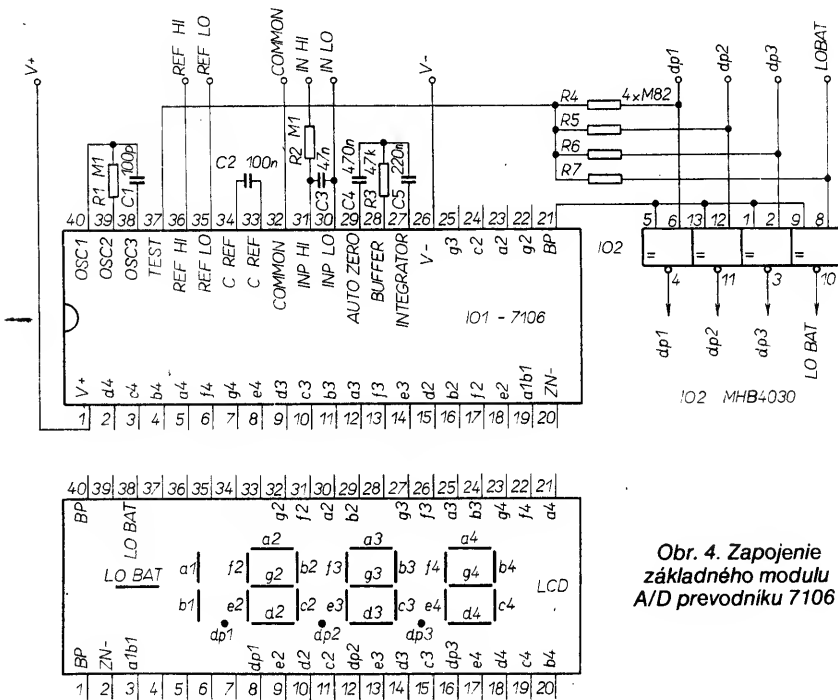
Modul zdroja

Kvôli veľkému odberu pri meraní malých odporov nie je možné napájať ohmmeter 7106 z dosičkovej batérie 9 V. Je možné použiť sieťový zdroj so stabilizátorom, avšak pri takomto napájaní sa pravdepodobne zhorší stabilita údajov na zobrazovacej jednotke. Preto boli použité akumulátory NiCd typu 451. Batéria je zložená z 10 ks týchto akumulátorov. Na stabilizáciu napätia 9 V je použitý bežný stabilizátor s MAA723. Súčasťou zdroja je i nabíjač akumulátorov, aby tieto nebolo potrebné po vybití vyberať. Nabíjanie indikuje LED D6.

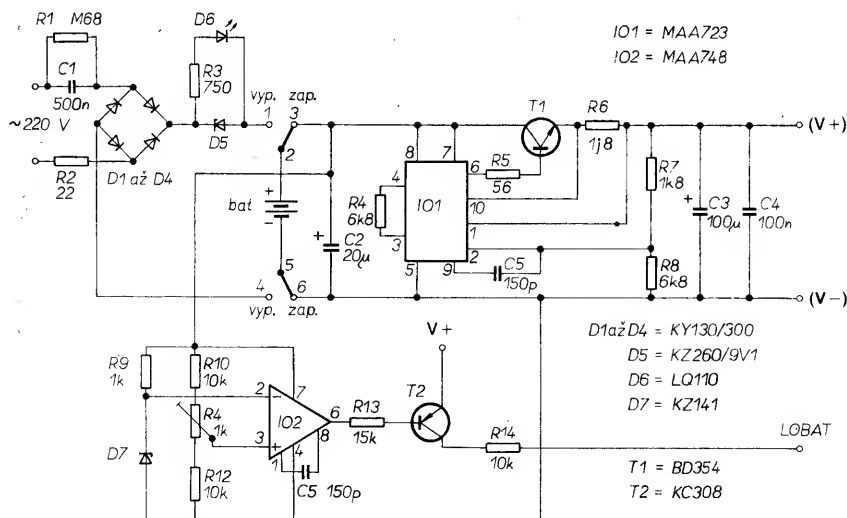
K modulu zdroja je začlenený i obvod pre indikáciu stavu akumulátorov, ktorý pri poklese napätia batérie pod 10,3 V indikuje na zobrazovacej jednotke nápisom LO BAT (šípkou) potrebu akumulátory dobíť. Obvod je realizovaný komparátorom z MAA748.



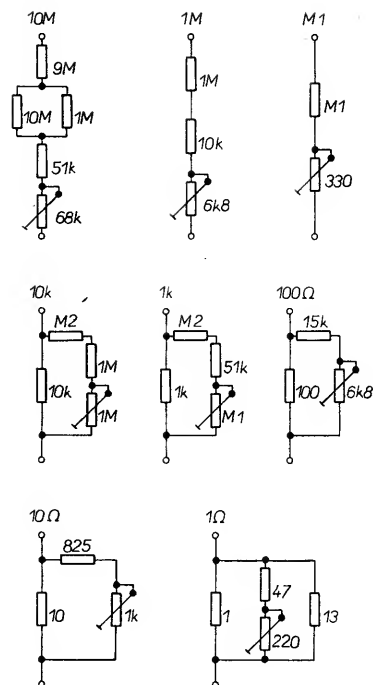
Obr. 3. Celková schéma zapojenia modulu ohmmetra



Obr. 4. Zapojenie základného modulu A/D prevodníku 7106



Obr. 5. Schéma zapojenia modulu zdroja ohmmetra 7106



Obr. 6. Skutočné zapojenie rezistorov R_n v realizovanej vzorke ohmmetra 7106

Mechanická konštrukcia

Ohmmeter 7106 je zabudovaný v krabici rozmerov $195 \times 50 \times 215$ mm. Podrobnú mechanickú konštrukciu neuvádzam, pretože každý amatér má iné možnosti a predstavy. V ďalšom sú uvedené iba dosky s plošnými spojmi.

Pri návrhu plošných spojov modulu ohmmetra je potrebné venovať pozornosť vedeniu spojov z rezistorov R_n 1, 10 a 100 Ω na prepínač Pr_b a spoločnému spoju z rezistorov R_n na svorku REF LO. Týmito spoji nesmie pretekať merací prúd. Od $R_n = 1$ k Ω sú spoje na Pr_b prepojené už len priamo zo sekcie Pr_a .

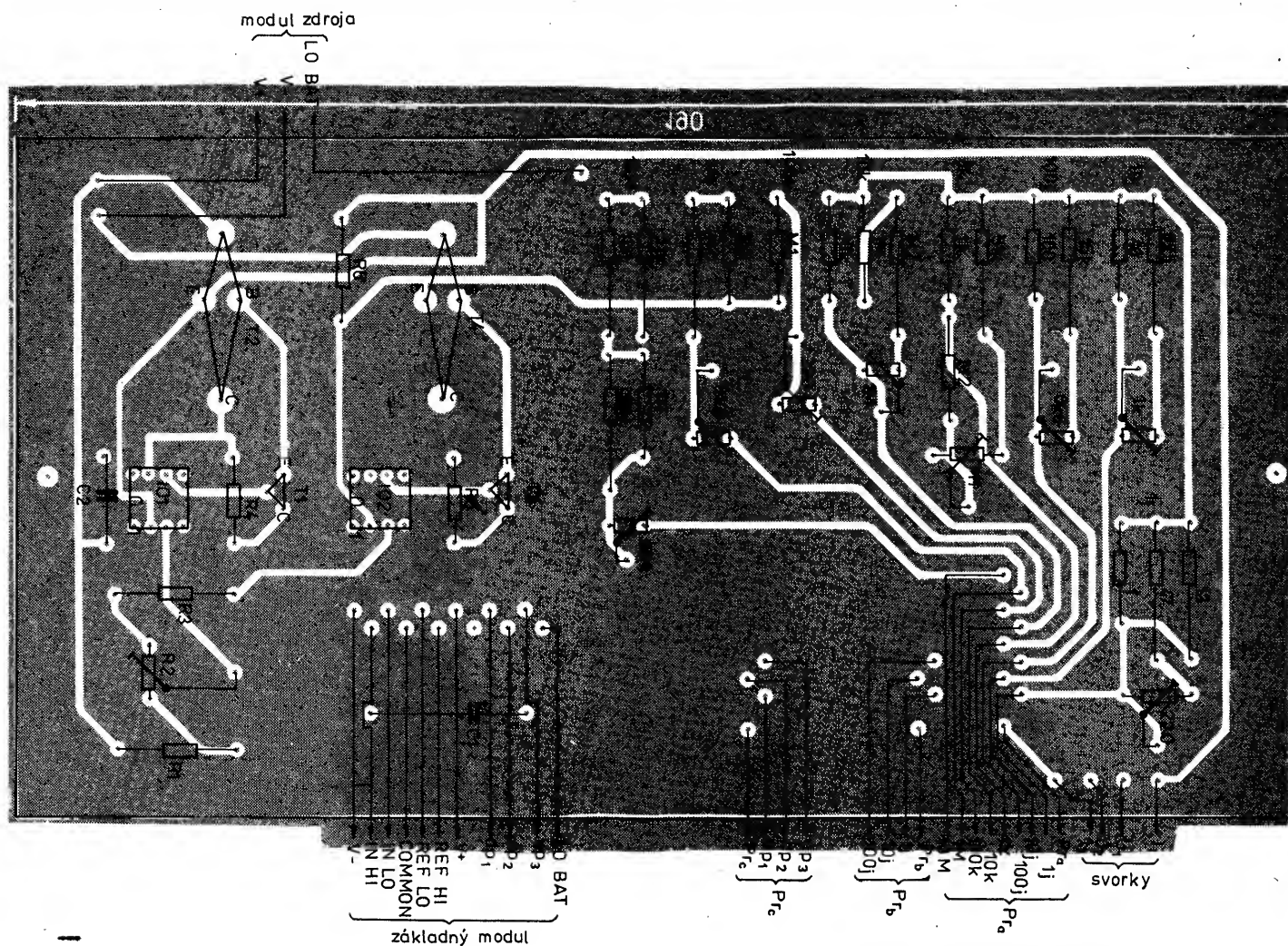
Pretože neboli k dispozícii presné rezistory, sú všetky R_n skladané z niekoľkých rezistorov z rady TR 16x (v núdzi i iných) s možnosťou jemného dostavenia trimrom. Skutočné zapojenie rezistorov R_n je na obr. 6. Doska s plošnými spojmi modulu ohmmetra i s rozložením súčiastok je na obr. 7. Súčiastky základného modulu sú pájkované z oboch strán dosky s plošnými spojmi a prevodník 7106 je umiestnený pod zobrazovacou jednotkou LCD (obr. 8). Napokon plošný spoj zdrojového modulu je na obr. 9. Tranzistor T1 je na chladiči.

Krabica je z vodivého materiálu (plech Al, cuprexit) a jej jednotlivé časti sú v jednom bode spojené so záporným pólom zdroja V-.

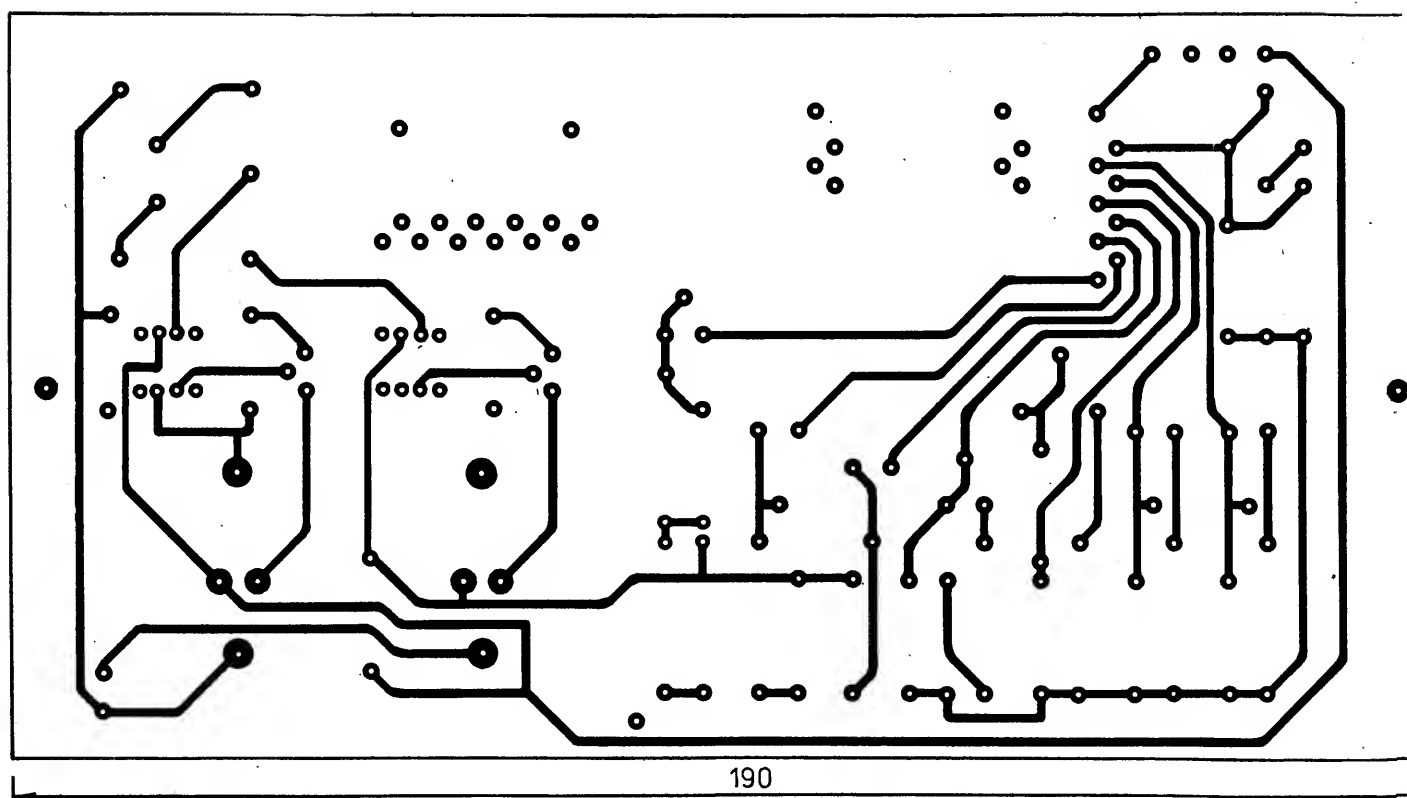
Záver

Pre meranie rezistorov od rozsahu 2 k Ω vyššie je vhodné používať na meranie vodiče, ktorými sa súčasne prepoja prúdové a napätové svorky. Vodiče by nemali byť príliš dlhé kvôli stabilite údajov na zobrazovacej jednotke, a to najmä na horných rozsahoch.

Od rozsahu 200 Ω dolu je potrebné meraný rezistor pripájať štvorvodičovo. Pre získanie lepšej predstavy o prevedení ohmmetra 7106 sú pripojené fotografie.



Obr. 7a. Rozloženie súčiastok modulu ohmmetra



▲ Obr. 7b. Doska Y327 s plošnými spojmi modulu ohmmetra ►

Zoznam súčiastok

Modul ohmmetra

IO1, IO2	MAA741
T1	KF508
T2	BD354
T3	KFY18
T4	BD355
R1	10 k Ω , TR 152
R2	1 k Ω , TP 113
R3	560 Ω , TR 152
R4	39 Ω , TR 152
R5	68 Ω , TR 152
R6	27 k Ω , TR 152
R7 až R14	viď text
C1	100 μ F, TE 984
C2	22 nF, TC 215

prepínač 3 \times 8 poloh, 300 mA

gombík

svorky 4 ks

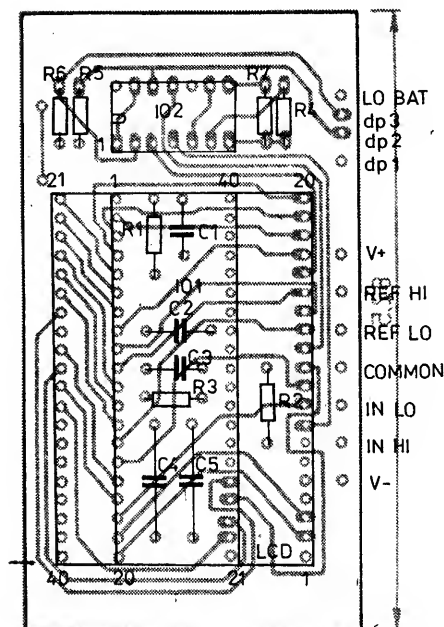
Základný modul

IO1	MHB7106
IO2	MHB4030
LCD	4DR822
R1	100 k Ω , TR 151
R2	100 k Ω , TR 212
R3	47 k Ω , TR 151
R4 až R7	0,82 M Ω , TR 212
C1	100 pF, WK 71413
C2	100 nF, TC 215
C3	47 k Ω , TC 215
C4	0,47 μ F, TC 215
C5	220 nF, TC 215

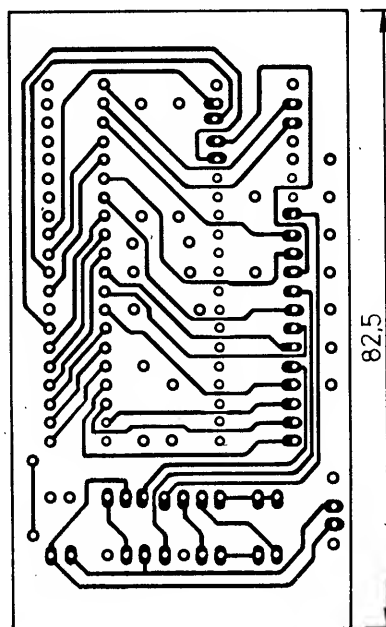
Modul zdroja

IO1	MAA723
IO2	MAA748
T1	BD354
T2	KC308
D1 až D4	KY130/300
D5	KZ260/9V1
D6	LQ110
D7	KZ141
R1	0,68 M Ω , TR 152
R2	22 Ω , TR 152
R3	820 Ω , TR 212
R4	6,8 k Ω , TR 152
R5	56 Ω , TR 152
R6	1,8 Ω , TR 152

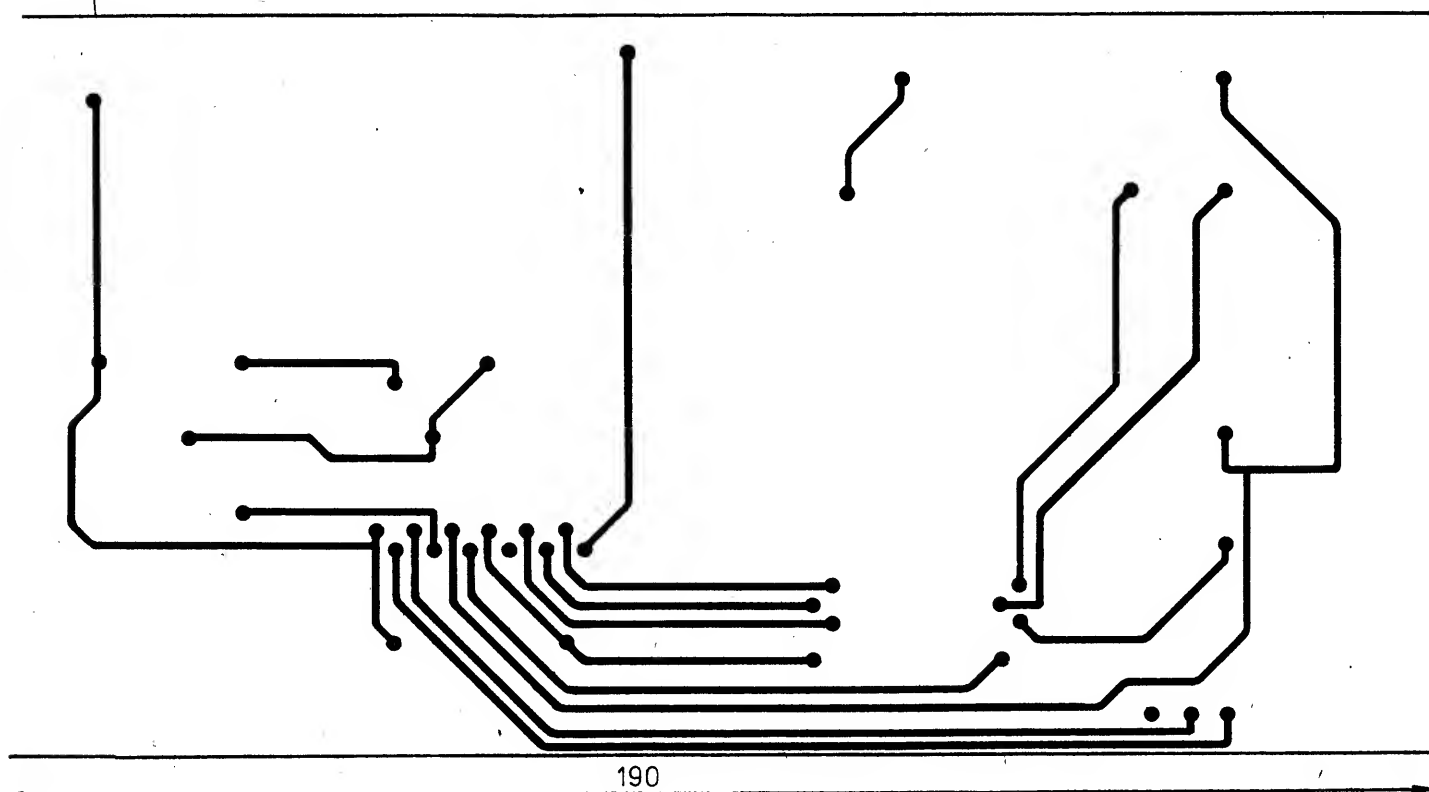
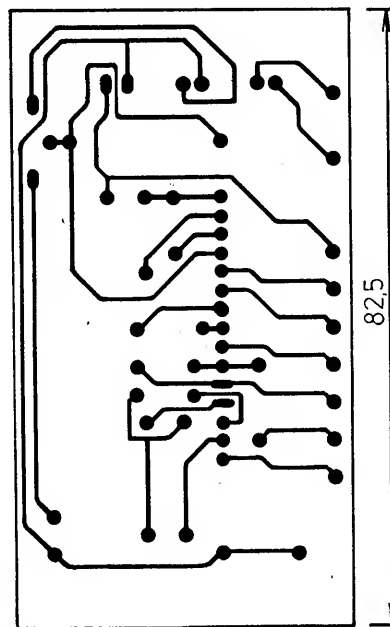
R7	1,8 k Ω , TR 152
R8	1,8 k Ω , TR 152
R9	1 k Ω , TR 212
R10	10 k Ω , TR 212
R11	1 k Ω , TP 095
R12	10 k Ω , TR 212
R13	15 k Ω , TR 212
R14	10 k Ω , TR 212
C1	2 μ F, TC 180 (4 ks sériovo)
C2	20 μ F, TE 005
C3	100 μ F, TE 003
C4	100 nF, TK 782
C5, C6	150 pF, TK 794
Bat	NiCd 451 (10 ks + držiaky)
prepínač	(dvojpolohový)

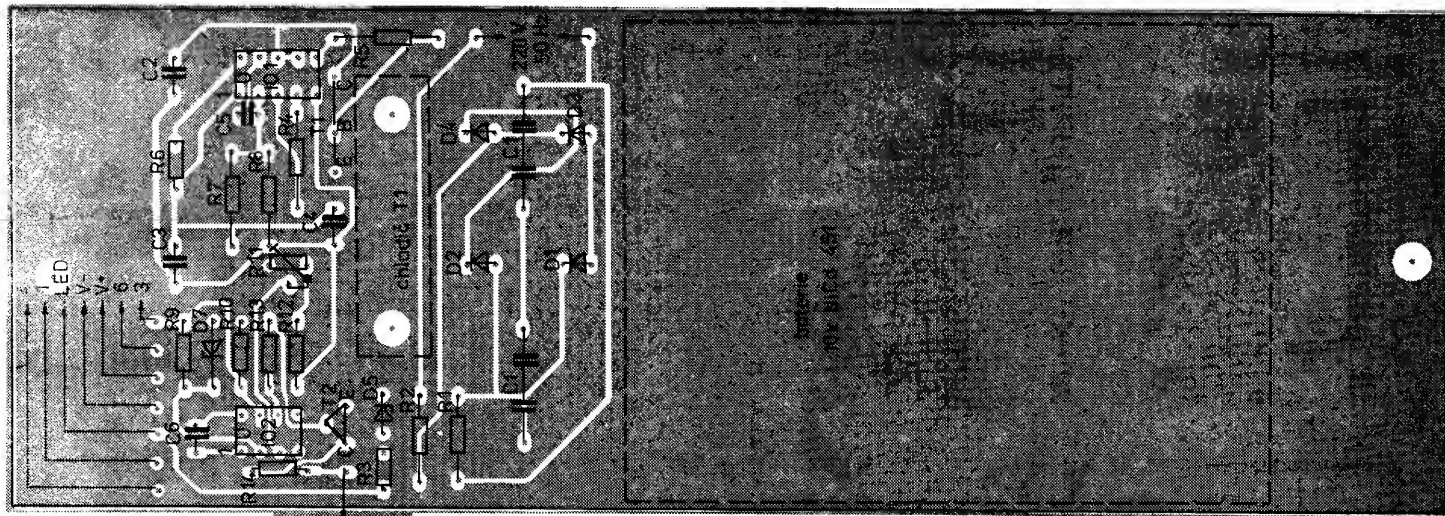


Obr. 8a. Rozloženie súčiastok základného modulu

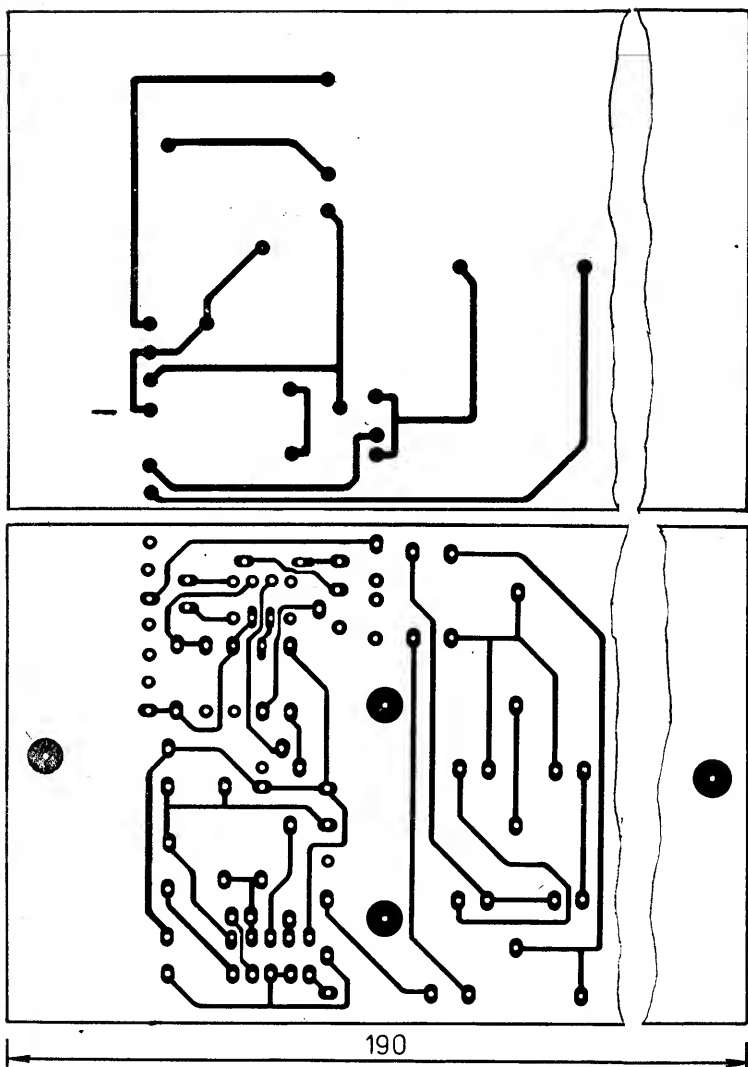


Obr. 8b. Doska 328 s plošnými spojmi základného modulu zdroja





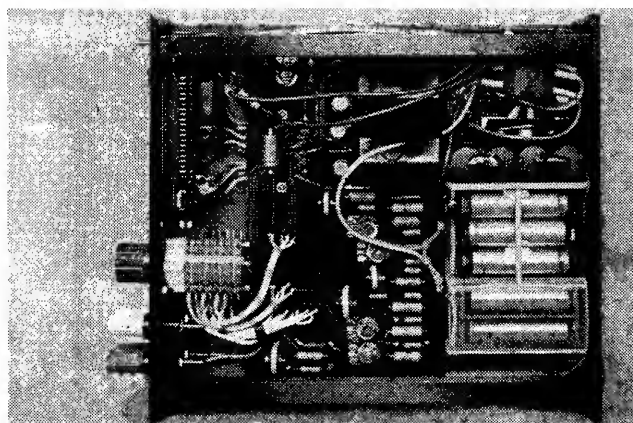
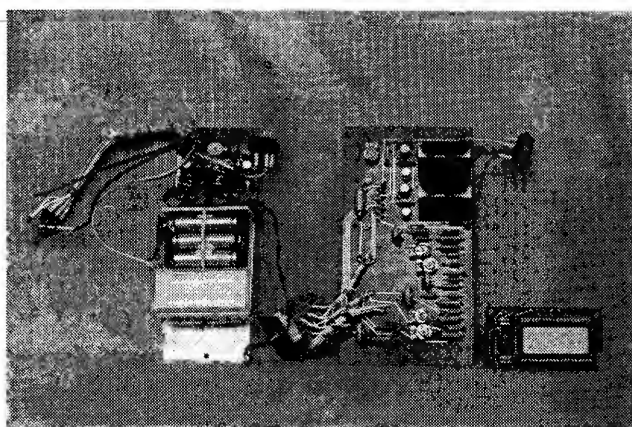
Obr. 9a. Rozloženie súčiastok modulu zdroja



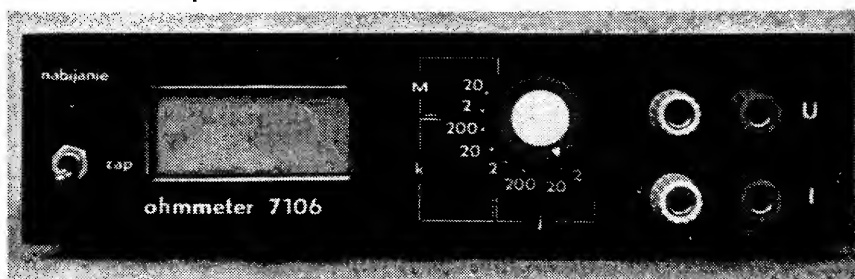
Obr. 9b. Doska Y329 s plošnými spojmi zdroja

Literatúra

- [1] AR-A č. 11/81.
- [2] Intersil ICL7106, 7107, 3 1/2 Digit single chip, A/D converter (firmečná lit.).



Obr. 10, 11. Konštrukčné prevedenie ohmmetra



Obr. 12. Panel ohmmetra

Universální měřicí přístroj s obvodem MHB 7106

M. Raška, Ing. Kaczmarczyk

K navržení tohoto přístroje nás přivedl nedostatek podobných přístrojů v naší maloobchodní síti a jejich poměrně vysoká cena, která je pro většinu, zejména mladších amatérů, hlavní překážkou pořízení podobného přístroje. Popisovaný stavební návod umožňuje za asi 700 Kčs sestavit universální měřicí přístroj rovnocenných vlastností, jaké má PU 510 výroby Metra Blansko. V přístroji je navíc vestavěna akustická zkoušečka, určená pro rychlou kontrolu elektrických obvodů.

Základní technické údaje

Rozsahy měřených hodnot:

Napětí:

200 mV, 2 V, 20 V, 200 V, 2 000 V (vstupní odpor na všech rozsazích 10 MΩ; přesnost 0,5 % stejnosměrné, 1 % střídavé).

Proud:

0,2 mA, 2 mA, 20 mA, 200 mA, 2 A (úbytek napětí na všech rozsazích max. 0,2 V; přesnost 0,5 % stejnosměrný, 1 % střídavý).

Odpor:

0,2 kΩ, 2 kΩ, 20 kΩ, 200 kΩ, 2 MΩ (přesnost 1 %).

Akustická zkoušečka:

- zkoušení rezistorů a obvodů,
- zkoušení polovodičových přechodů.

Proud odebíraný ze zdroje – při měření ss veličin 2 mA; st veličin 6 mA.

— Skutečně dosahované přesnosti jsou závislé především na kvalitě a přesnosti rezistorů ve vstupním děliči a na normálových rezistorech R10 a R14.

Popis zapojení

Zapojení přístroje bylo odvozeno od stavebnice číslicového voltmetru ADM 2001, kterou lze za přijatelnou cenu 345 Kčs získat v obchodní síti prodejen TESLA. Stavebnice byla využita celá s výjimkou desky s plošnými spoji, která svými velkými rozměry nevyhovovala našim účelům. K uvedenému stavebnici byly navrženy potřebné obvody univerzálního měřicího přístroje. Přístroj lze samozřejmě sestavit i ze zvlášť zakoupených součástek.

Měřicí část přístroje využívá základního zapojení integrovaného obvodu MHB7106 nebo jeho ekvivalentu a při použití dobrých součástek nemá její stavba žádné záludnosti. Chtěli bychom však připomenout, že obvody MHB7106, MHB4030 a MHB4011 jsou vyrobeny technologií CMOS, a proto při jejich pájení do desky s plošnými spoji je nutno zachovávat patřičné zásady.

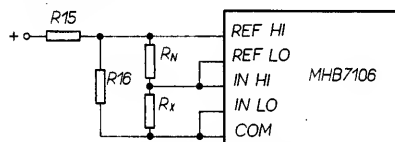
Jedním z obvodů číslicové části přístroje je akustická zkoušečka, jejíž zapojení a popis jsou převzaty z AR-A č. 10/88. Jako akustický měnič však nebylo použito telefonní sluchátko, které pro daný účel nevyhovuje svými rozměry a velkým odběrem proudu, ale piezoelektrický akustický měnič ze starých digitálních hodin.

Základním obvodem analogové části přístroje je vstupní dělič, jehož přesnost a stálost parametrů rozhoduje o stálosti parametrů a přesnosti celého přístroje. Měřené napětí je přiváděno ze vstupní svorky, označené U, na vstupní dělič, jehož celkový odpor je 10 MΩ. Z něj se tlačítkem zvolí taková část, aby napětí na ní nepřesáhlo 0,2 V. Toto napětí je pak přivedeno buď na vstup převodníku MHB7106, nebo (při

měření střídavých veličin) na vstup přesného usměrňovače. Oba vstupy jsou chráněny ochrannými obvody T1, T2, R39 a T5, T6, R21. Pro měření proudu je využita dolní část děliče od odporu 900 Ω. Tyto rezistory jsou připojovány jako bočníky. Odpory se měří poměrovou metodou podle vztahu

$$\text{zobrazovaný údaj} = \frac{R_x}{R_n} 1000.$$

Jako normálové odpory R_n slouží rezistory R10 až R14. Měřený odpor R_x je zapojován mezi svorky R a zem. Základní zapojení pro měření odporů je na obr. 1.



Obr. 1. Základní zapojení pro měření odporů

Ze schématu je patrné odlišné zapojení referenčních vstupů MHB7106 v porovnání se zapojením při měření napětí nebo proudu. Tato změna zapojení je realizována stiskem tlačítka UI/R. Při měření střídavých veličin je použit převodník střídavého napětí na ss napětí, rovné jeho efektivní hodnotě, pracující přesně za předpokladu, že měříme veličinu se sinusovým průběhem. Přístroj udává efektivní hodnotu. U jiného průběhu než sinusového (zkresleného), u kterého neplatí, že $U_{ef}/U_{st} = 1,11$, vznikne přídavná chyba měření, která je úměrná velikosti zkreslení. Také při měření střídavých veličin o vyšších kmitočtech je nutno počítat s přídavnou chybou.

Celkové schéma zapojení přístroje je na obr. 2.

Měřená veličina se volí tlačítkem UI/R a zapojením měřících hrotů do příslušných svorek U, I nebo R. Rozsah se určuje stisknutím jednoho z pěti tlačítek se vzájemně vázanou aretací tlačítek. Na tlačítku nejvyššího rozsahu jsou pro proudový rozsah 2 A spojeny dva kontakty paralelně.

Jako dodatečné informativní hodnoty jsou na displeji zobrazovány znaky \leftarrow , $-$, \sim . Jsou spínány hradly EXCLUSIVE OR typu MHB4030, ze kterých jsou na tyto znaky přiváděny signály v protifázi vůči signálu BP, přiváděnému z vývodu 21 u MHB7106 na vývod 40 displeje. Podobným způsobem jsou spínány rovněž desetinné tečky. Upozorňujeme, že hradla MHB4030 nejsou běžně zaměnitelná hradly MHB4011, jak se na první pohled zdá.

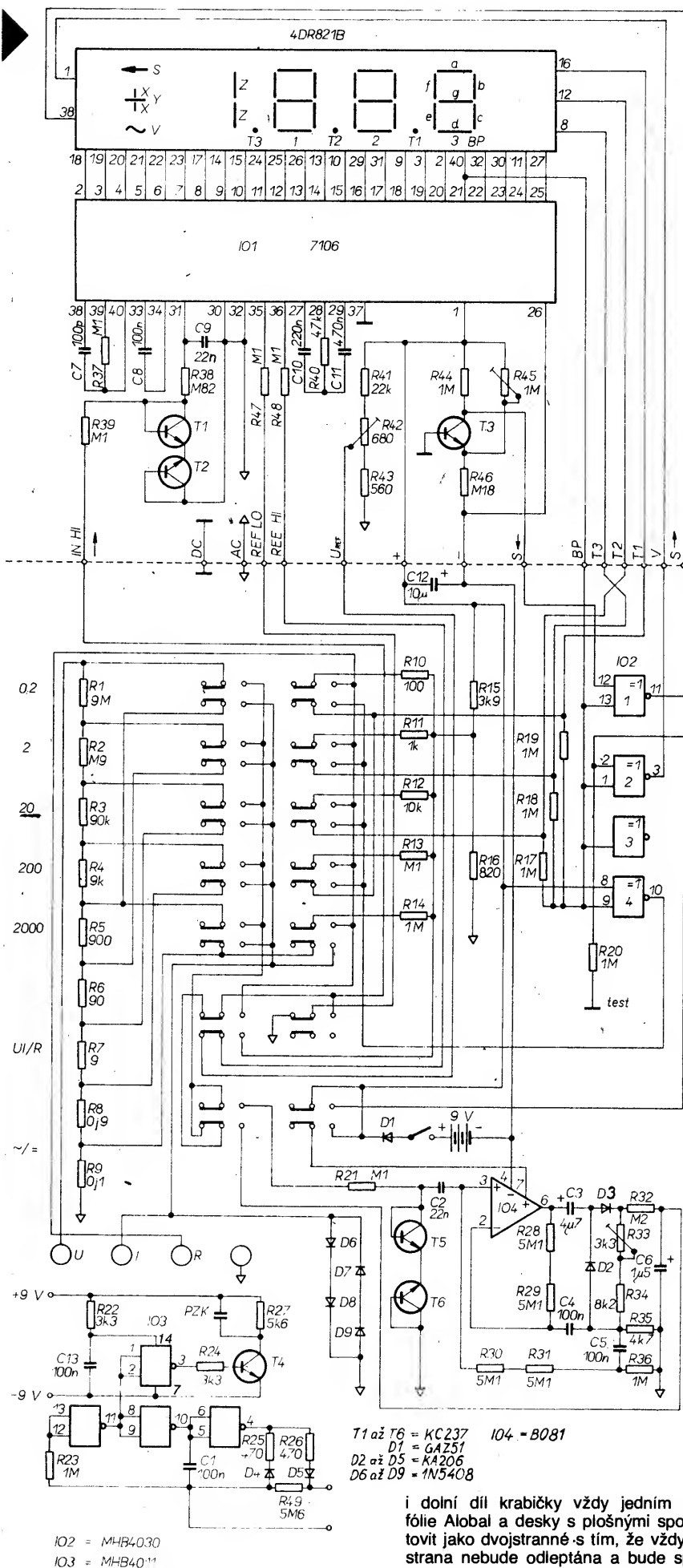
Ochrana před přetížením u proudových rozsahů tvoří čtveřice diod D6 až D9. Je-li měřený proud tak velký, že napětí na bočnickovém odporu překročí 1,4 V, uvádí se příslušná dvojice diod do vodivého stavu a odpor bočníku je ji zkratován. Tím se

bočník proudově odlehčí. Ochrana proti přepólování napájecího zdroje je tvořena diodou D1 v obvodu kladného pólu baterie. Tranzistor T3 a jedno ze čtyř hradel slouží k ovládání znaku \leftarrow displeje, který indikuje pokles napětí napájecí baterie.

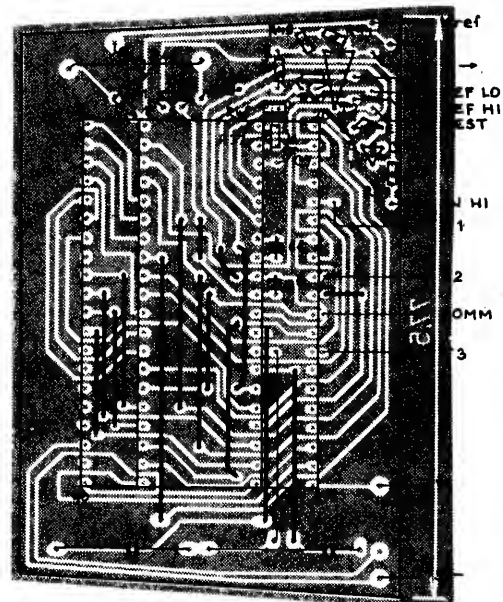
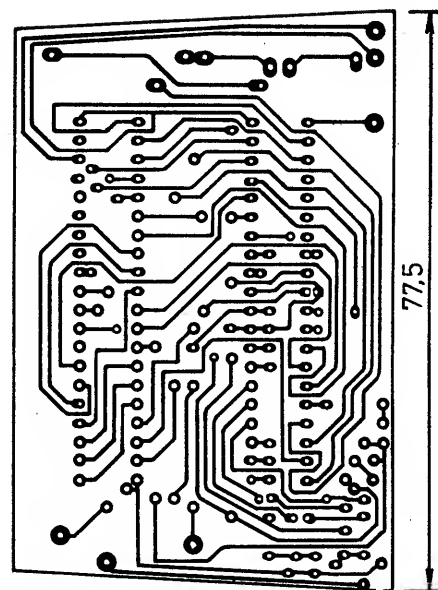
Použité součástky a praktické provedení

Získat všechny součástky potřebné pro stavbu není jednoduché, a to i přes použití stavebnice. Stavbu tohoto přístroje rovněž nelze doporučit úplným začátečníkům. Je nezbytné, aby použité odpory byly minimálně v provedení TR 191; pro vstupní dělič a R11 až R14 provedení TR 161, popřípadě TR 163. Odpor rezistorů R1 až R7 lze sestavit použitím jednoho až tří rezistorů, zapojených buď sériově nebo paralelně. K tomu lze provést drobné úpravy v desce s plošnými spoji vstupního děliče. Rezistory R8 a R9 jsou z odporového drátu. Všechny rezistory děliče a R10 až R14 doporučujeme vybrat pomocí přesného měřiče z více kusů tak, aby odchylky nepřesáhly 0,1 %. V převodníku střídavého napětí na efektivní hodnotu nedoporučujeme používat OZ řady MAB nebo MAC (možnost rozkmitání). Dobrých výsledků lze dosáhnout použitím OZ B081 nebo jeho ekvivalentu. Celý přístroj je sestaven na dvou deskách s plošnými spoji. Na menší z obou desek (obr. 3) jsou obvody MHB7106, displej a ostatní součástky z použité stavebnice. Na větší desce (obr. 4) jsou všechny ostatní součástky včetně pěti závislých a dvou nezávislých prepínačů typu Isostat. Obě desky s plošnými spoji jsou vzájemně propojeny drátovými spojkami. Konstrukčně je celý přístroj vyřešen tak, aby jej bylo možno umístit do krabičky od univerzálního měřicího přístroje DAVO 1 (obr. 5). Tyto krabičky byly v době psaní článku k dostání v prodejně TESLA Eltos v Děčíně za 89 Kčs včetně sedmi hmatníků na prepínače Isostat, červeného krycího skla displeje, které však pro náš účel není příliš vhodné, a samolepicí nálepky na čelní stranu, u níž však musí být pozměněn popis (obr. 6). „Rozsahovou“ část samolepky v několika tenkých vrstvách přestříkáme acetonovým lakem vhodné barvy a na takto vzniklou plochu umístíme odpovídající popis suchými obtisky Propisot. Celek pak přestříkáme bezbarvým matným lakem. Náštříky barvy i laku musí být ve velmi tenkých vrstvách a mezi každým náštříkem je nezbytné nechat lak zaschnout, jinak se „samolepka“ deformuje a zhorší se celkový vzhled přístroje. Jako krycí sklo displeje doporučujeme použít (po menších úpravách) černý rámeček i desku z čirého organického skla, které jsou součástí stavebnice ADM 2001.

Pozornost je třeba věnovat stínění celého přístroje. Vhodné je pečlivě vylepit horní



Obr. 2. Schéma zapojení přístroje

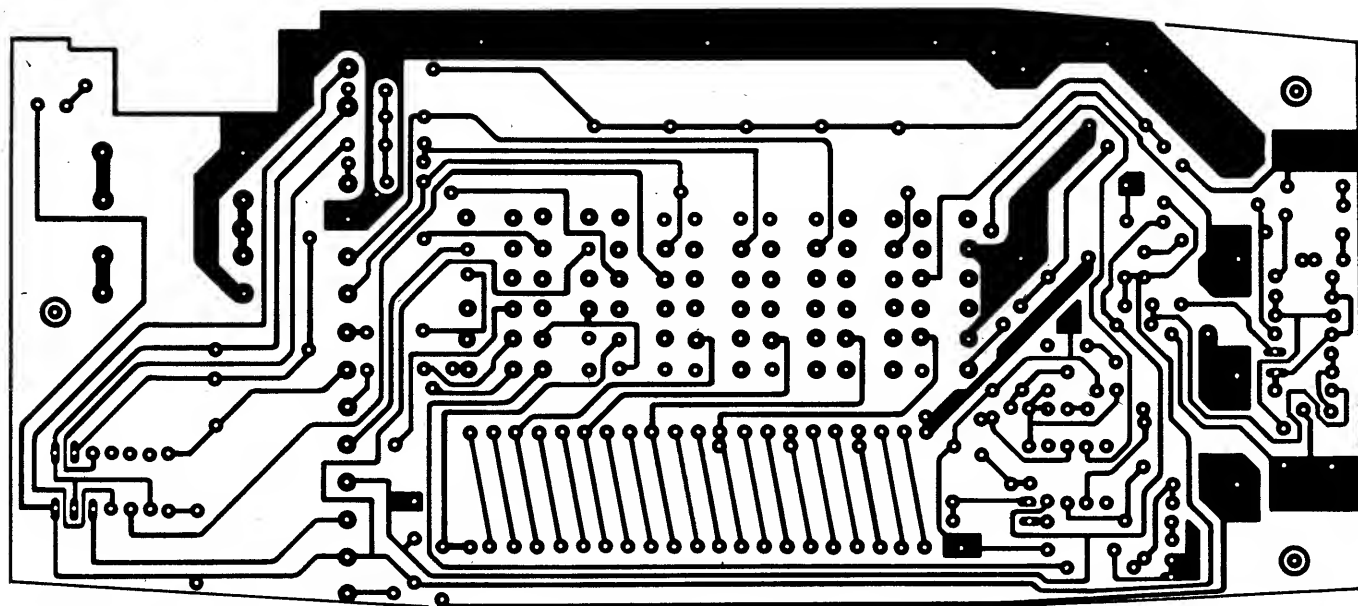


Obr. 3. Deska Y330 s plošnými spoji a rozložení součástek (deska displeje)

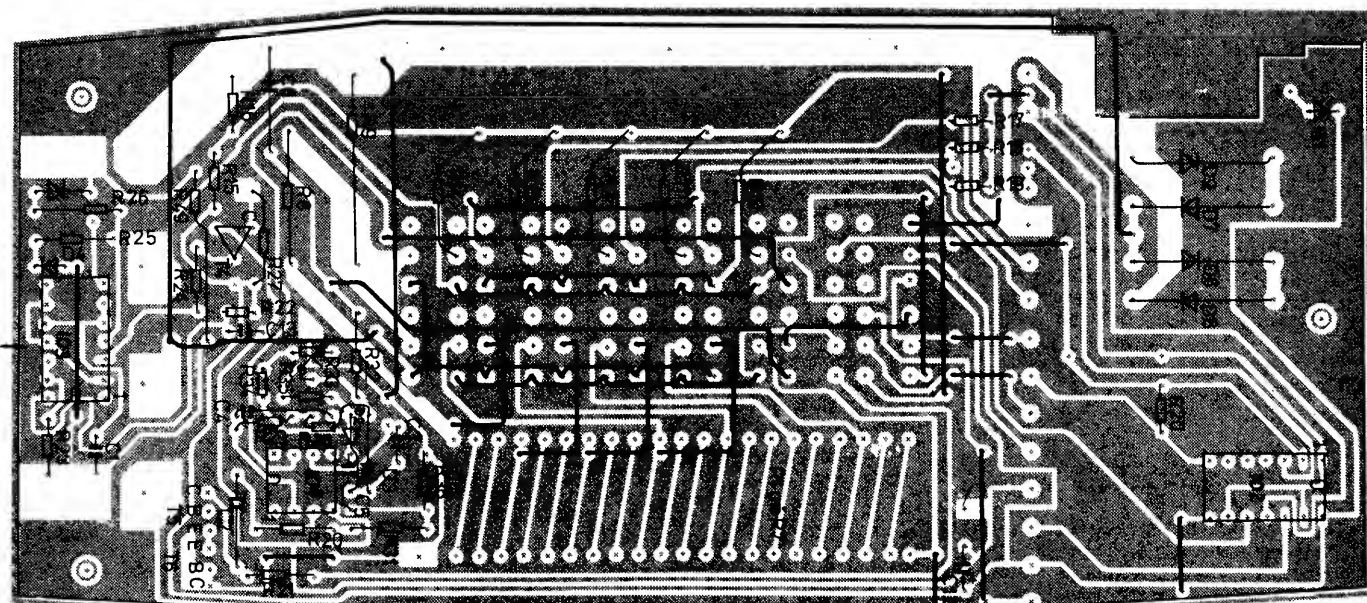
obou stranách plošného spoje tak, aby byly na fólii mírně přitlačeny. Podobně je „nakontakován“ i piezoelektrický měnič, přilepený na horním dílu krabičky. Lepidlem, vhodným pro přilepení fólie i měniče, je Alkaprén. Jako vývody akustické zkoušečky slouží měděné trubičky, připájené na plošky, umístěné v dolní části desky s plošnými spoji, a v příslušných místech jsou ve spodním dílu krabičky vyvrtány otvory o průměru 7 mm, jimiž procházejí „banánky“.

Při montáži desky s plošnými spoji nejprve osadíme všechny drátové propojky a tlačítkovou soupravu. Nesmíme zapomenout, že drátové spojky jsou i na horní části tlačítek. Odporů v děliči osazujeme pro nedostatek místa do dvou vrstev nad sebou. K pájení je vhodné s ohledem na obvody CMOS a možné odloupení fólie při přehřátí použít mikropáječku. Celý přístroj je napájen devítivoltovou destičkovou baterií, která je umístěna v prostoru, určeném původně pro čtyři tužkové články ve spodní části krabičky. Přitom je třeba vyříznout ve dně tohoto prostoru vhodný otvor, aby baterie bylo možno do tohoto prostoru vložit a uzavřít jej víčkem. Mezi baterií a deskou s plošnými spoji je vsunuta izolační deska z elektrotechnické lepenky.

i dolní díl krabičky vždy jedním kusem fólie Allobal a desky s plošnými spoji zhotovit jako dvostranné s tím, že vždy jedna strana nebude odleptána a bude spojena s „analogovou zemí“. Fólie je elektricky připojena dvěma vodiči, připájenými šikmo po



178



Obr. 4. Deska Y331 s plošnými spoji a rozložení součástek (deska tlačítek). R20 má být označen R30, dioda nad D4 je D5. Volný pájecí bod od vývodu 7 IQ3 má být drátem propojen na E₁₄. Rezistor R28 nemá být spojen s D3, ale s C3

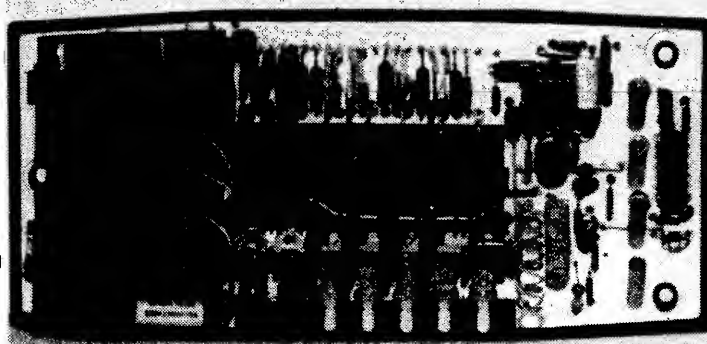
Seznam součástek

Rezistory

R1	9 MΩ, TR 161	R33	3,3 kΩ, TP 095
R2	0,9 MΩ, TR 161	R34	8,2 kΩ, TR 191
R3	90 kΩ, TR 161	R35	4,7 kΩ, TR 191
R4	9 kΩ, TR 161	R36	1 MΩ, TR 191
R5	900 Ω, TR 161	R37	0,1 MΩ, TR 191
R6	90 Ω, TR 161	R38	0,82 MΩ, TR 191
R7	9 Ω, TR 161	R39	0,1 MΩ, TR 191
R8	0,9 Ω, odporový drát	R40	47 kΩ, TR 191
R9	0,1 Ω, odporový drát	R41	22 kΩ, TR 191
R10	100 Ω, TR 161	R42	680 Ω, WK 67911
R11	1 kΩ, TR 161	R43	560 Ω, TR 191
R12	10 kΩ, TR 161	R44	1 MΩ, TR 191
R13	100 kΩ, TR 161	R45	viz text, TR 191
R14	1 MΩ, TR 161	R46	0,18 MΩ, TR 191
R15	3,9 kΩ, TR 191	R47 až R48	0,1 MΩ, TR 191
R16	820 Ω, TR 191	R49	5,6 MΩ, TR 214
R17 až R20	1 MΩ, TR 191		
R21	0,1 MΩ, TR 191		
R22	3,3 kΩ, TR 191		
R23	1 MΩ, TR 191		
R24	3,3 kΩ, TR 191		
R25 až R26	470 Ω, TR 191		
R27	5,6 kΩ, TR 191		
R28 až R31	5,1 MΩ, TR 192		
R32	0,22 MΩ, TR 191		

Kondenzátory

C1	0,1 μF, TK 782
C2	22 nF, TK 782
C3	4,7 μF, TE 132
C4 až C5	0,1 μF, TK 782
C6	1,5 μF, TE 131
C7	100 pF, WK 71411
C8	0,1 μF, TC 205



Obr. 5. Vnitřek přístroje

C9	22 nF, TK 754	D6 až D9	1N5408
C10	0,22 μF, TC 205	T1 až T6	KC237
C11	0,47 μF, TC 205	IO1	MHB7106
C12	10 μF, TE 133	IO2	MHB4030
C13	0,1 μF, TK 782	IO3	MHB4011
		IO4	B081
		displej	4DR8218
			(Dokončení na s. 80)

JEDNODUCHÝ LINEÁRNÍ USMĚRŇOVAČ

Ing. Miloslav Janča

Největším problémem lineárních usměrňovačů s operačními zesilovači je malý kmitočtový rozsah. Při použití běžných součástek se chyba nepřipustně zvětšuje již v nízkofrekvenční oblasti. Rozšířit kmitočtový rozsah bez použití rychlých operačních zesilovačů a speciálních diod je obtížné.

Praktickým měřením bylo zjištěno, že například v zapojení [1] je na kmitočtu 100 kHz chyba větší než 10 %. Pro měření výstupního napětí nf generátoru byl potřeba lineární usměrňovač, který by zajistil chybu menší než 1 % v kmitočtovém rozsahu do 100 kHz. Tento požadavek splňuje zapojení na obr. 1.

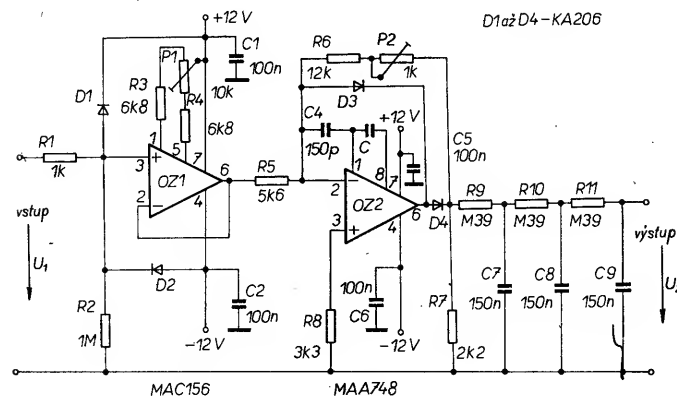
Popis zapojení

Diody D1 a D2 spolu s rezistorem R1 tvoří ochranu proti náhodnému přepětí. V běžném provozu se neuplatní, poněvadž jsou polarizovány v závěrném směru. Operační zesilovač OZ1 je zapojen jako napěťový sledovač. Tím je dosaženo velké vstupní impedance zapojení. Napěťová nesymetrie je vykompenzována trimrem. Vliv OZ1 na celkovou kmitočtovou charakteristiku zapojení je zanedbatelný.

Operační zesilovač OZ2 spolu s dalšími součástkami tvoří jednoduší usměrňovač. Dioda D4 propouští pouze záporné půlvlny vstupního napětí U_1 . Kladné půlvlny jsou zkratovány diodou D3. Abychom získali správnou velikost napětí U_2 na výstupu usměrňovače, musí být vhodně zvoleny odpory rezistorů R5 a R6. Pro harmonické vstupní napětí platí

$$\frac{R6 + P2}{R5} = \frac{\pi}{\sqrt{2}}$$

Jako OZ2 je použit bipolární operační zesilovač s vnější kompenzací. Proto je možné použít dopřednou korekci [2], která výrazně zlepšuje kmitočtové vlastnosti. Bohužel, při použití samotného korekčního kondenzátoru C4 je zapojení nestabilní. Proto je obvod doplněn ještě dalším korekčním kondenzátorem C. Byl použit kondenzátor s kapacitou 2,2 pF. Kapacita kondenzátoru není kritická. Můžeme použít třeba kapacitní trimr 5 pF a změnou kapacity ovlivňovat kmitočtový rozsah. Zvětšením kapacity se horní mezní kmitočet sníží, zmenšením kapacity se zvýší. Praktické minimum je asi 2 pF.



Obr. 1. Zapojení lineárního usměrňovače

Popsaný lineární usměrňovač neobsahuje žádné vazební kondenzátory. Dolní mezní kmitočet závisí na vlastnostech dolní propusti zapojené na výstupu usměrňovače. Zbytkové proudy běžných elektrolytických kondenzátorů bývají řádu jednotek až desítek mikroampérů [3]. Z toho důvodu je použita dolní propust s velkou impedancí, tvořená rezistory R9, R10, R11 a keramickými kondenzátory C7, C8, C9. Předpokládá se použití integrovaných obvodů s malým vstupním proudem v následujícím obvodu. Může to být například operační zesilovač MAC156 nebo převodník MHB 7106. Dolní propust lze zjednodušit použitím svitkových kondenzátorů, které se vyrábějí ve větších kapacitách.

Nastavení

Nastavení popsaného usměrňovače je velmi jednoduché. Nejdříve vykompenzuje napěťovou nesymetrii trimrem P1. Potom nastavíme trimr P2 tak, aby vstupnímu napětí s efektivní hodnotou 1 V odpovídalo výstupní stejnosměrné napětí 1 V. Obvod je vhodné nastavovat na kmitočtu 1 kHz. Potom můžeme prověřit vlastnosti usměrňovače v celém kmitočtovém pásmu do 100 kHz, případně se pokusit dosáhnout maximálního mezního kmitočtu zmenšováním kapacity kondenzátoru C.

Konstrukce

Součástky usměrňovače jsou rozloženy na desce s plošnými spoji o rozměrech 67 × 40 mm. Destička umožňuje použít operační zesilovače jak v kovových, tak i v plastových pouzdrech. Vzhledem k malým rozměrům ji lze snadno vestavět i do hotového přístroje (obr. 3).

Literatura

- [1] AR-A, č. 3/88, s. 112, obr. 5.
- [2] AR-A, č. 12/83, s. 473.
- [3] Katalog pasivních elektronických součástek TESLA.

Použité součástky

Polovodičové součástky

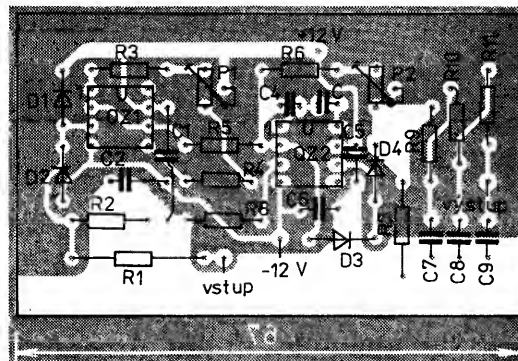
OZ1 MAC156
OZ2 MAA748
D1, D2, D3, D4 KA206

Trimry a rezistory

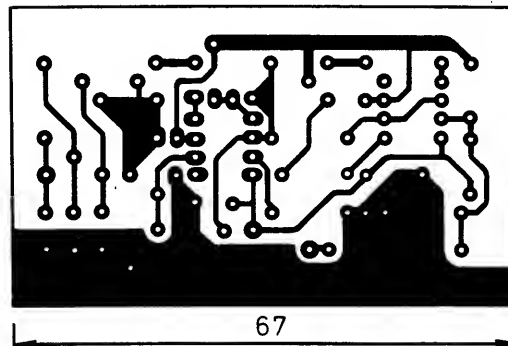
P1 10 kΩ, TP 095
P2 1 kΩ, TP 095
R1 1 kΩ, TR 151
R2 1 MΩ, TR 151
R3, R4 6,8 kΩ, TR 151
R5 5,6 kΩ, TR191
R6 12 kΩ, TR 191
R7 2,2 kΩ, TR 151
R8 3,3 kΩ, TR 151
R9, R10, R11 390 kΩ, TR 151

Kondenzátory

C1, C2, C4, C6 100 nF, TK 782
C4 150 pF, TK 754
C7, C8, C9 150 nF, TK 782
C viz text



Obr. 2. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji



Obr. 3. Deska Y332 s plošnými spoji lineárního usměrňovače

SPOTŘEBNÍ ELEKTRONIKA

Přehled tuzemských výrobků spotřební elektroniky na našem trhu

Obdobný přehled byl otištěn v Konstrukční příloze AR v roce 1986. Dnes tento přehled doplňujeme dalšími výrobky, které se od té doby nově objevily na trhu, s politováním však je třeba přiznat, že některé výrobky tehdy uváděné přetrvávají beze změny celá ta čtyři léta. Ty jsme z tohoto přehledu pocho- pitelně vypustili.

Prosíme naše čtenáře, aby omluvili, že zcela chybí informace o videomagnetofonech. Přes naši žádost totiž náš mono- polní výrobce, Avex, neprojevil nejmenší zájem a žádné informace nám nesdělil.

Do přehledu jsme tentokrát zařadili též výrobky nabízené podnikem Elektronika – podklady k nim dodané však byly značně nepřehledné, a proto u nich uvádíme pouze základní informaci a cenu.

Prosíme čtenáře, aby také omluvili horší kvalitu některých doprovodných obrázků, protože jsme v některých případech museli použít fotokopie nevalných prospektů.

PROGRESSON



Rozhlasový přijímač ve stolním provedení, monofonní reprodukce

Možnost příjmu

VKV I 66 až 73 MHz,
VKV II 87,5 až 108 MHz,
KV 5,95 až 9,775 MHz,
SV 525 až 1 605 kHz,
DV 150 až 285 kHz.

Přípojná místa

zásuvka pro anténu AM, zásuvka pro anténu FM, zásuvka pro vnější reproduktor, zásuvka pro gramofon či magnetofon.

Ovládání

5 knoflíků (ladění, hlasitost, hloubky, výšky, přepínač vlnových rozsahů), síťový spínač.

Vybavení

feritová anténa pro AM, možnost připojit magnetofon nebo gramofon, náhradní anténa pro FM, oddělená regulace hloubek a výšek, vestavěný reproduktor, přípojka pro vnější reproduktor, výstup 2 W/4 Ω.

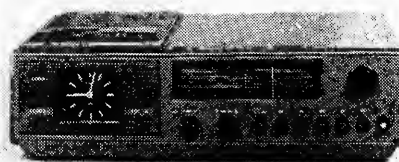
Napájení

220 V/50 Hz, 11 W.

Provedení a rozměry

Skříňka z plastické hmoty, rozměry 42 × 11 × 11 cm, hmotnost asi 2,25 kg, cena 1 500,- Kčs.

FORTE



Rozhlasový přijímač ve stolním provedení, monofonní reprodukce, kombinovaný se spínacími hodinami

Možnost příjmu

VKV I 66 až 73 MHz,
VKV II 87,5 až 104 MHz,
KV 5,9 až 9,9 MHz,
SV 525 až 1 605 kHz,
DV 150 až 285 kHz.

Přípojná místa

zásuvka pro anténu AM, zásuvka pro anténu FM, zásuvka pro vnější reproduktor, zásuvka pro gramofon či magnetofon.

Ovládání

3 knoflíky (ladění, hlasitost a tónová váha), 7 tlačítek (přepínání funkcí a vlnových rozsahů, spínač AFC), nastavování času hodin.

Vybavení

feritová anténa pro AM, náhradní anténa pro FM, tónová váha, vestavěný reproduktor, vestavěné kry- stalem řízené hodiny s vlastním zdrojem, spínání rozhlasového pří- jímače, či signálního tónu v předem nastavitelném čase.

Napájení

220 V, 50 Hz, 10 W,
tužkový články 1,5 V pro hodiny.

Provedení a rozměry

skříňka z plastické hmoty, rozměry 40,5 × 13 × 21 cm, hmotnost asi 2,7 kg, cena 1 810,- Kčs.

SOLO



Rozhlasový přijímač ve stolním provedení, příjem stereofonní i monofonní s vnějšími reproduktory skříňkami dodávanými s přijímačem.

Možnost příjmu

VKV I 66 až 73 MHz,
VKV II 87,5 až 104 MHz,
KV 5,95 až 11,975 MHz,
SV 525 až 1 605 kHz,
DV 150 až 285 kHz.

Přípojná místa

zásuvka pro anténu AM, zásuvka pro anténu FM, zásuvky pro gra- mofon, univerzál a magnetofon, zásuvky pro připojení reproduktorů, zásuvka pro sluchátka.

Ovládání

5 knoflíků (ladění, hlasitost, hloubky, výšky a vyvážení), 7 tlačítek volby provozu a vlnových rozsahů, 3 tlačítka (šum, AFC, monofonní pro- voz) a 5 tlačítek předvolby vysílačů

na VKV, s nimiž souvisí i 5 nastavo- vacích prvků předvolby.

Vybavení

vestavěné výkonové zesilovače 2 × 10 W/4 Ω, možnost připojit jak krystalovou tak i magnetodyna- mickou přenosku, možnost připojit anténu VKV i se sousým konekto- rem, s přijímačem jsou dodávány dvě reproduktorové soustavy.

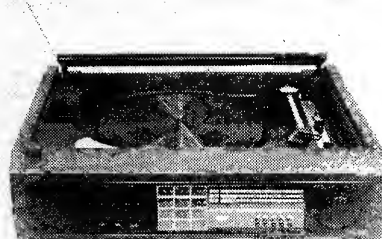
Napájení

220 V/50 Hz, 55 W.

Provedení a rozměry

přístroj je dodáván spolu s repro- duktorovými soustavami, rozměry přijímače 46 × 12 × 27 cm, rozměry reproduktorových skříňek 29 × 22 × 19 cm, hmotnost přijímače 7 kg, skříňek 9 kg, cena sestavy 5 030,- Kčs.

DOMINANT



Rozhlasový přijímač ve stolním provedení, příjem stereofonní i monofonní, vestavěný gramofon, reproduktorové skříňky dodá- vány s přijímačem.

Možnost příjmu

VKV I 66 až 73 MHz,
VKV II 87,5 až 104 MHz,
KV 5,95 až 11,975 MHz,
SV 525 až 1 605 kHz,
DV 150 až 285 kHz.

Přípojná místa

zásuvka pro anténu AM, zásuvka pro anténu FM, zásuvky pro gra- mofon, univerzál a magnetofon, zá- suvky pro připojení reproduktorů, zásuvka pro sluchátka.

Ovládání

5 knoflíků (ladění, hlasitost, hloubky, výšky a vyvážení), 7 tlačítek pro volbu provozu a vlnových rozsahů, 3 tlačítka (šum, AFC a monofonní provoz), 5 tlačítek předvolby vysí- lačů na VKV, s nimiž souvisí i 5 nastavovacích prvků předvolby.

Vybavení

vestavěný gramofon s keramickou přenoskovou vložkou typu CS 24 SD, vestavěné výkonové zesilo- vače 2 × 10 W/4 Ω, možnost pří- pojít vnější zdroj signálu a magne- tofon, možnost připojit anténu VKV i sousým konektorem, s příji- mačem jsou dodávány dvě repro- duktorové soustavy.

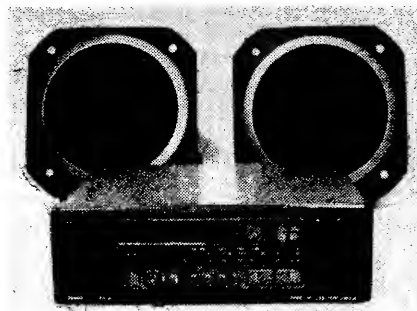
Napájení

220 V/50 Hz, 55 W (přijímač) 15 W (gramofon).

Provedení a rozměry

přístroj je dodáván spolu s repro- duktorovými soustavami, rozměry přijímače 46 × 12 × 35 cm, roz- měry reproduktorových skříňek 29 × 22 × 19 cm, hmotnost příji- mače 10 kg, obou skříňek 9 kg. Cena sestavy 5 450,- Kčs.

AUTOPŘIJÍMAČ 1902 B



Rozhlasový přijímač určený k vestavění do automobilu, stereofonní provedení, možnost předvolby čtyř vysílačů v pásmu VKV, doplněný kazetovým přehrávačem.

Možnost příjmu

VKV I 66 až 73 MHz,
VKV II 87,5 až 108 MHz,
SV 525 až 1 605 kHz,
DV 150 až 285 kHz.

Ovládání

3 knoflíky (hlasitost, ladění, stereofonní vyvážení), 7 tlačítek (monofonní provoz, tónová clona, převíjení pásky vpřed a vzad, vysouvání kazety, přepínání vlnových rozsahů a předvolených vysílačů).

Vybavení

přehrávač umožňuje automatickou změnu směru posuvu pásky na konci kazety, optická indikace zapojeného vlnového rozsahu či příslušné předvolby, indikace stereofonního příjmu, indikace směru posuvu pásky, s přístrojem jsou dodávány reproduktory ve skříňkách, výstupní výkon je $2 \times 7 \text{ W/8 } \Omega$.

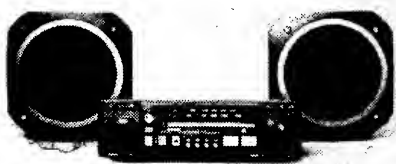
Napájení

12 V, uzemněn záporný pól, max. proud 2,5 A.

Provedení a rozměry

skříňka přijímače celokovová, rozměry $18 \times 5,5 \times 21 \text{ cm}$, reproduktory typu ARO 4658, rozměry skříňky $14 \times 15 \times 9 \text{ cm}$, hmotnost přijímače 1,5 kg, obou skříňek 1,75 kg, cena sestavy 3 620,- Kčs.

AUTOPŘIJÍMAČ 2116 B



Rozhlasový přijímač obdobné koncepce jako předešlý, určený k vestavění do automobilu, bez přehrávače, avšak s možností příjmu dopravního vysílání.

Možnost příjmu

VKV I 66 až 73 MHz,
VKV II 87,5 až 108 MHz,
SV 525 až 1 605 kHz,
DV 150 až 285 kHz.

Ovládání

3 knoflíky (hlasitost, ladění, stereofonní vyvážení), 6 tlačítek (AFC, monofonní provoz, tónová clona, příjem jen dopravních informací, přepínání vlnových rozsahů a předvolených vysílačů).

Vybavení

optická indikace zapojeného vlnového rozsahu či příslušné před-

volby, indikace stereofonního příjmu, indikace příjmu dopravního vysílání, s přístrojem jsou dodávány reproduktory ve skříňkách, výstupní výkon je $2 \times 7 \text{ W/8 } \Omega$.

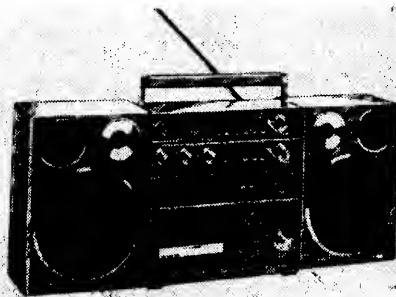
Napájení

12 V, uzemněn záporný pól, max. proud 2,5 A.

Provedení a rozměry

skříňka přijímače celokovová, rozměry $18 \times 5,5 \times 21 \text{ cm}$, reproduktory typu ARO 4658, rozměry skříňky $14 \times 15 \times 9 \text{ cm}$, hmotnost přijímače 1,25 kg, hmotnost obou skříňek 1,75 kg, cena sestavy 2 670,- Kčs.

CONDOR



Rozhlasový přijímač kombinovaný s magnetofonem ve stereofonním provedení

Možnost příjmu

VKV I 65,5 až 73 MHz,
VKV II 87,5 až 104 MHz,
KV 5,95 až 15,45 MHz,
SV 525 až 1 605 kHz,
DV 165 až 280 kHz.

Přípojná místa

zásuvka pro vnější anténu VKV, zásuvky pro připojení krystalové přenosky, magnetodynamické přenosky, druhého magnetofonu, jiného vnějšího zdroje signálu, vnějších mikrofonů, vnějších reproduktorů, sluchátek, napájení z vnějšího zdroje 12 V.

Ovládání

6 tlačítek (monofonní reprodukce, přepínání vlnových rozsahů), 5 tlačítek (gramofon, radio, magnetofon, omezovač šumu, intimní reprodukce), 2 tlačítka (připojení sluchátek, úsporný provoz), 7 tlačítek pro obsluhu magnetofonu (převíjení vpřed a vzad, chod vpřed, stop, pauza, záznam a automatické řízení záznamové úrovně), 6 knoflíků (ladění, hlasitost, hloubky, výšky, stereofonní vyvážení, ruční regulace záznamu při vypojené automatické), přepínač kmitočtu oscilátoru magnetofonu a síťový spínač.

Vybavení

feritová anténa pro rozsahy AM, výsuvná anténa pro rozsahy FM, možnost připojit vnější anténu VKV, možnost vnějšího napájení z automobilového akumulátoru 12 V, možnost připojit magnetodynamickou přenosku a vnější mikrofony i reproduktory, výkonové zesilovače $2 \times 8 \text{ W/8 } \Omega$.

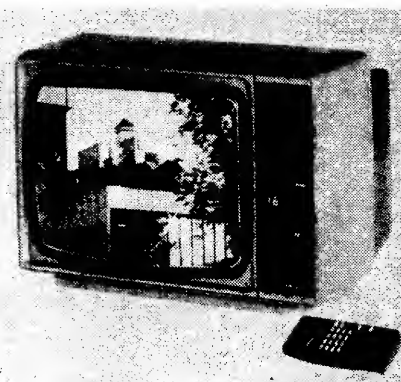
Napájení

220 V/50 Hz, 25 W, 10 článků typu R 20, autoakumulátor 12 V, max. proud 0,9 A, při úsporném provozu 0,5 A.

Provedení a rozměry

skříň z plastické hmoty, čtyři reproduktory, rozměry $59 \times 25 \times 14 \text{ cm}$, hmotnost 6,5 kg (bez zdrojů), cena 4 170,- Kčs.

COLOR 332



Televizor pro příjem barevného i černobílého obrazu v přenosném provedení, doplněný dálkovým ovládáním

Obrazovka

42 cm.

Možnost příjmu

1. až 12. kanál (I a III TV pásmo), 21. až 60. kanál (IV a V TV pásmo), obraz v soustavě SECAM i PAL, zvuk OIRT i CCIR.

Přípojná místa

souosá zásuvka pro vnější anténu, zásuvka pro videomagnetofon, zásuvka pro magnetofon, zásuvka pro sluchátka.

Vybavení

ladění přístroje je napětovou syntézou a umožňuje vložit do paměti až 16 vysílačů, všechny hlavní funkce se řídí dálkovým ovládáním, dvě výsuvné antény jsou odpojitelné.

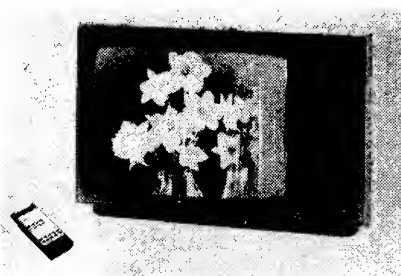
Napájení

220 V/50 Hz.

Provedení a rozměry

Skříň z plastické hmoty, rozměry $50 \times 40 \times 36 \text{ cm}$, hmotnost 17,5 kg. Cena 10 410,- Kčs.

COLOR 425



Televizor pro příjem barevného i černobílého obrazu ve stolním provedení s dálkovým ovládáním

Obrazovka

56 cm.

Možnost příjmu

1. až 12. kanál (I a III TV pásmo), 21. až 60. kanál (IV a V TV pásmo), obraz v soustavě SECAM i PAL, zvuk OIRT i CCIR.

Přípojná místa

souosá zásuvka pro anténu, zásuvka pro magnetofon, vnější reproduktor, sluchátka.

Ovládání

6 knoflíků (hlasitost, hloubky, výšky, jas, kontrast, barevná sytost), tlačítkový spínač AFC a regulátor AFC, regulátor hlasitosti pro sluchátka, vypínač reproduktoru, spínač zkrácené časové konstanty pro použití videomagnetofonu, 2 tlačítka postupné volby programů směrem nahoru a dolů, tlačítka

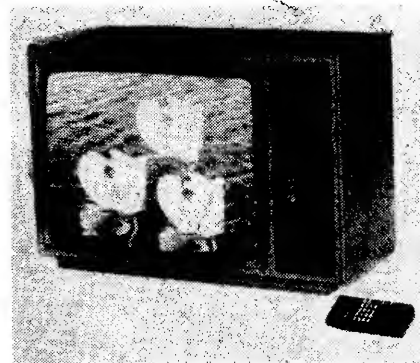
zobrazení programového místa, 8 prvků předvolby.

Vybavení
dálkové ovládání všech základních funkcí.

Napájení
220 V/50 Hz, 95 W.

Provedení a rozměry
skříň dřevěná, rozměry 68 × 42 × 46 cm, hmotnost 30 kg, cena 10 730,- Kčs.

COLOR 430



Televizor pro příjem černobílého i barevného obrazu ve stolním provedení s dálkovým ovládáním

Obrazovka

56 cm.

Možnost příjmu

1. až 12. kanál (I a III TV pásmo), 21. až 60. kanál (IV a V TV pásmo), obraz v soustavě SECAM i PAL, zvuk OIRT i CCIR.

Přípojná místa

souosá zásuvka pro anténu, zásuvka pro videomagnetofon, zásuvka pro magnetofon, vnější reproduktor a sluchátka.

Ovládání

4 knoflíky (kontrast, hloubky, výšky, hlasitost sluchátek), 4 tlačítka (ladění ve dvou pásmech, paměť, postupné přepínání programů), 4 dvojice tlačítek (hlasitost, jas, barevná sytost, AFC), tlačítkový vypínač vestavěného reproduktoru, všechny hlavní funkce lze řídit dálkovým ovládáním.

Vybavení

ladění přijímače napětovou syntézou, předvolba 16 vysílačů, indikace programového čísla dvoumístným displejem.

Napájení

220 V/50 Hz, 100 W.

Provedení a rozměry

skříň dřevěná, rozměry 68 × 42 × 46 cm, hmotnost 30 kg, cena 12 440,- Kčs.

COLOR 423



Televizor pro příjem černobílého i barevného obrazu ve stolním provedení s dálkovým ovládáním.

Obrazovka

67 cm.

Možnost příjmu

1. až 12. kanál (I a III TV pásmo), 21. až 60. kanál (IV a V TV pásmo), obraz v soustavě SECAM i PAL, zvuk OIRT i CCIR.

Přípojná místa

souosá zásuvka pro anténu, zásuvka pro magnetofon, vnější reproduktor a sluchátka.

Ovládání

4 knoflíky (kontrast, hloubky, výšky, hlasitost sluchátek), 4 tlačítka (ladění ve dvou pásmech, paměť, postupné přepínání programů), 4 dvojice tlačítek (hlasitost, jas, barevná sytost, AFC), tlačítkový vypínač vestavěného reproduktoru, všechny hlavní funkce lze řídit dálkovým ovládáním.

Vybavení

ladění přijímače napětovou syntézou, předvolba 16 vysílačů, indikace programového místa dvoumístným displejem.

Napájení

220 V/50 Hz, 100 W.

Provedení a rozměry

skříň dřevěná, rozměry 76 × 44 × 51 cm, hmotnost 39 kg, cena 11 490,- Kčs.

HC 58



Gramofonové šasi k vestavění do skříně

Otáčky talíře

33 a 45 ot/min.

Kolísání otáček

±0,15 %.

Odstup hluku

36 dB.

Vložka

magnetodynamická, svislá síla na hrot 12 až 15 mN, 20 až 18 000 Hz v pásmu 6 dB, výstupní napětí 1 mV (1 kHz/cm/s), diamantový hrot.

Vybavení

zvedáček přenosky, posuvné vyvažovací závaží, řízení antiskatingu, průměr talíře 28 cm, synchronní motor, pohon řemínkem.

Napájení

220 V/50 Hz, 2 W.

Provedení a rozměry

vestavné šasi bez skříně a bez krytů, rozměry 29 × 39 × 11 cm, hmotnost asi 4 kg, cena 880,- Kčs.

NC 452



Gramofon ve skříně s víkem z organického skla

Otáčky talíře

33 a 45 ot/min.

Kolísání otáček

±0,12 %.

Odstup hluku

37 dB.

Vložka

VM 2103, magnetodynamická, svislá síla na hrot 10 až 15 mN, 20 až 20 000 Hz (v tol. polí podle ČSN), výstupní napětí 1 mV (1 kHz/cm/s), diamantový hrot.

Vybavení

elektronicky ovládaný zvedáček přenosky, posuvné vyvažovací závaží, magnetický antiskating, synchronní motor s elektronickou regulací otáček, stroboskopická kontrola otáček s jemnou regulací, fotoelektrické koncové vypínání, ovládání mikrosprotači, talíř o průměru 30 cm.

Napájení

220 V/50 Hz, 10 W.

Provedení a rozměry

skříň s víkem z organického skla, rozměry 46 × 35 × 15 cm, hmotnost asi 9,5 kg, cena 2 510,- Kčs.

NC 580



Gramofon ve skříně s víkem z organického skla

Otáčky talíře

33 a 45 ot/min.

Kolísání otáček

±0,15 %.

Odstup hluku

36 dB.

Vložka

magnetodynamická, svislá síla na hrot 12 až 15 mN, 20 až 18 000 Hz v pásmu 6 dB, výstupní napětí 1 mV (1 kHz/cm/s), diamantový hrot.

Vybavení

zvedáček přenosky, posuvné vyvažovací závaží, řízení antiskatingu, koncový vypínač se zdvižením přenoskového ramene, synchronní motorek, pohon řemínkem, průměr talíře 28 cm.

Napájení

220 V/50 Hz, 2 W.

Provedení a rozměry

skříň s víkem z organického skla, rozměry 42 × 33 × 12 cm, hmotnost asi 6 kg, cena 1 140,- Kčs.

NC 500



Gramofon ve skříni s víkem z organického skla

Otáčky talíře

33 a 45 ot/min.

Kolisání otáček

$\pm 0,15$ %.

Odstup hluku

37 dB.

Vložka

VM 2102, svislá síla na hrot 12 až 15 mN, magnetodynamická, 20 až 18 000 Hz v pásmu 6 dB, výstupní napětí 1 mV (1 kHz/cm/s), diamantový hrot.

Vybavení

zvedáček přenosky, posuvné vyvažovací závaží, řízení antiskatingu, průměr talíře 30 cm, synchronní motor, pohon řemínkem.

Napájení

220 V/50 Hz, 2 W.

Provedení a rozměry

skříň s víkem z organického skla, rozměry 42 × 32 × 11 cm, hmotnost asi 4,5 kg, cena 1 340,- Kčs.

MC 911



Přehrávač digitálních gramofonových desek

Kmitočtová charakteristika

20 až 20 000 Hz v pásmu 1 dB.

Odstup signál/šum

92 dB.

Zkreslení

0,004 %.

Přeslech mezi kanály

90 dB.

Výstupní napětí

2 V, výst. impedance 200 Ω .

Vybavení

bezdotykový laserový snímač záznamu, možnost naprogramovat až 20 skladeb v libovolném pořadí, opakování reprodukce jedné skladby či celé desky, okamžitý přechod na následující skladbu, vyhledání zvolené pasáže.

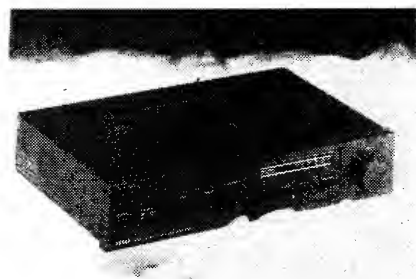
Napájení

220 V/50 Hz, 25 W.

Provedení a rozměry

skříň v černém provedení, rozměry 42 × 9 × 29 cm, hmotnost asi 4,5 kg, cena 6 500,- Kčs.

AZS 223



Stereofonní zesilovač ve stolním provedení

Kmitočtový rozsah

30 až 30 000 Hz v pásmu 2 dB.

Odstup rušivých napětí

lineární vstupy 86 dB,
mg. přenoska 76 dB.

Výstupní výkon

2 × 25 W/4 Ω .

Zkreslení

0,2 %.

Korekce

hloubky ± 10 dB,
výšky ± 10 dB.

Přípojná místa

vstupy pro magnetodynamickou přenosku, magnetofon, tuner a rezervní vstup, dva rezervní vstupy se zásuvkami CINCH, zásuvky pro reproduktorové soustavy a zásuvka pro sluchátka.

Ovládání

4 knoflíky (hlasitost, hloubky, výšky a vyvážení), 4 tlačítka pro přepínání vstupů, tlačítko pro vypnutí fyziologické regulace hlasitosti, tlačítko pro vypnutí reproduktorů.

Napájení

220 V/50 Hz, 130 W.

Provedení a rozměry

kovová skříň, rozměry 42 × 28 × 9 cm, hmotnost asi 6 kg, cena 2 870,- Kčs.

CM 130



Cívkový stolní magnetofon třídy Hi-Fi pro monofonní i stereofonní záznam a reprodukci, 19 a 9,5 cm/s, cívky do \varnothing 18 cm, tříhlavový s možností odposlechu za páskem, výkonové zesilovače

Kmitočtový rozsah

40 až 15 000 Hz (19 cm/s),
40 až 12 500 Hz (9,5 cm/s).

Odstup rušivých napětí

56 dB.

Kolisání rychlosti posuvu

$\pm 0,09$ % (19 cm/s),
 $\pm 0,15$ % (9,5 cm/s).

Přípojná místa

vstupy pro mikrofon, gramofon, radio, výstupy pro reproduktory, sluchátka, vnější zesilovač, monitorování

Ovládání

2 posuvné regulátory záznamové úrovně, 1 posuvný regulátor hloubek a 1 regulátor výšek, 2 posuvné regulátory reprodukční úrovně, 4 tlačítka (síť, přepínání rychlostí, pauza a záznam), 2 knoflíky pro chod vpřed a převíjení, 2 otočné přepínače pro přepínání stop a poslechu před a za páskem.

Vybavení

3 hlavy s dlouhou dobou života, provoz ve vodorovné i svislé poloze, automatické zastavení při doběhnutí i přetržení pásku, dva měřiče záznamové i reprodukční úrovně z řetězců LED, orientační poslech při převíjení (cueing), čtyřmístné počítadlo, výkonové zesilovače 2 × 10 W/4 Ω .

Napájení

220 V/50 Hz, 110 W.

Provedení a rozměry

skříň z plastické hmoty s víkem z organického skla, rozměry 40 × 43 × 19 cm, hmotnost asi 13 kg, cena 4 550,- Kčs.

CM 160



Cívkový stolní magnetofon třídy Hi-Fi pro monofonní i stereofonní záznam a reprodukci, 19 a 9,5 cm/s, cívky do \varnothing 18 cm, tříhlavový s možností odposlechu za páskem, bez výkonových zesilovačů

Kmitočtový rozsah

40 až 15 000 Hz (19 cm/s),
40 až 12 500 Hz (9,5 cm/s).

Odstup rušivých napětí

56 dB.

Kolisání rychlosti posuvu

$\pm 0,09$ % (19 cm/s),
 $\pm 0,15$ % (9,5 cm/s).

Přípojná místa

vstupy pro mikrofon, gramofon, radio, výstupy pro vnější zesilovač, sluchátka, monitorování

Ovládání

2 posuvné regulátory záznamové úrovně, 1 posuvný regulátor hloubek a 1 regulátor výšek, 2 posuvné regulátory hlasitosti ve sluchátkách, 4 tlačítka (síť, přepínání rychlostí, pauza a záznam), 2 knoflíky pro chod vpřed a převíjení, 2 otočné přepínače pro přepínání stop a poslechu před a za páskem.

Vybavení

3 hlavy s dlouhou dobou života, provoz ve vodorovné i svislé poloze, automatické zastavení při doběhnutí i přetržení pásku, dva měřiče záznamové i reprodukční úrovně z řetězců LED, orientační poslech při převíjení (cueing), čtyřmístné počítadlo.

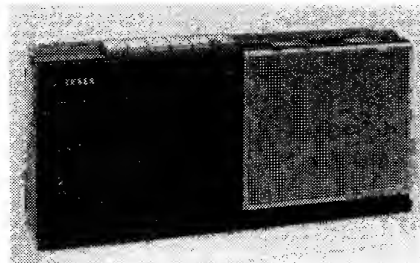
Napájení

220 V/50 Hz, 55 W.

Provedení a rozměry

skříň z plastické hmoty s víkem z organického skla, rozměry 40 × 43 × 19 cm, hmotnost asi 11,5 kg, cena 4 190,- Kčs.

KM 310



Přenosný kazetový magnetofon v monofonním provedení, napájení ze suchých článků i světelné sítě.

Kmitočtový rozsah

63 až 12 500 Hz

Odstup rušivých napětí

50 dB

Kolisání rychlosti posuvu

±0,4 %

Přípojná místa

univerzální zásuvka radio-mikro-gramo, zásuvka pro sluchátka.

Ovládání

6 tlačítek (převíjení vpřed a vzad, chod vpřed, pauza, záznam a kombinované tlačítko stop-vysouvání kazety), 2 posuvné regulátory (hlasitost reprodukce či příposlechu, tónová clona).

Vybavení

bateriové i síťové napájení, výsuvné držadlo, samočinné koncové vypínání pouze při chodu vpřed, indikace záznamu a stavu suchých článků, vestavěný mikrofon, záznamová automatika.

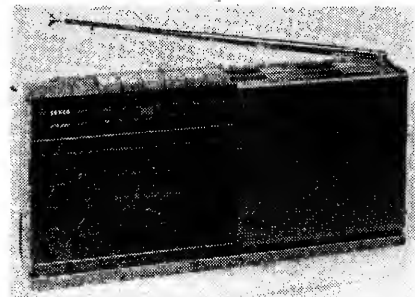
Napájení

220 V/50 Hz,
6 suchých článků R 14.

Provedení a rozměry

skříňka z plastické hmoty, rozměry 31 × 15 × 8,5 cm, hmotnost asi 2 kg, cena 2 260,- Kčs.

KM 320



Přenosný kazetový radiomagnetofon v monofonním provedení napájení ze suchých článků i světelné sítě; přijímač pouze pro VKV.

Kmitočtový rozsah magnetofonu

63 až 12 500 Hz.

Odstup rušivých napětí magnetofonu

48 dB

Kolisání rychlosti posuvu

±0,4 %

Možnost příjmu

VKV I 66 až 73 MHz,
VKV II 87,5 až 108 MHz.

Ovládání

6 tlačítek pro ovládání magnetofonu jako u KM 310, knoflík ladění přijímače, 2 posuvné regulátory (hlasitost a tónová clona), 2 posuvné přepínače (zapínání přijímače a přepínání VKV rozsahů).

Přípojná místa

univerzální zásuvka, zásuvka pro sluchátka.

Vybavení

bateriové i síťové napájení, výsuvné držadlo, samočinné koncové vypínání pouze při chodu vpřed, indikace záznamu a stavu suchých článků, výsuvná anténa přijímače, vestavěný mikrofon, záznamová automatika.

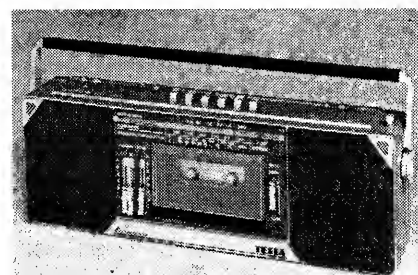
Napájení

220 V/50 Hz,
6 suchých článků R 14.

Provedení a rozměry

skříňka z plastické hmoty, rozměry 31 × 15 × 8,5 cm, hmotnost 2,2 kg, cena dosud nestanovena.

KM 350



Radiomagnetofon v přenosném provedení pro monofonní i stereofonní záznam a reprodukci, napájení ze suchých článků i ze sítě.

Kmitočtový rozsah magnetofonu

63 až 12 500 Hz.

Odstup rušivých napětí magnetofonu

50 dB

Kolisání rychlosti posuvu

±0,4 %

Možnost příjmu

VKV I 66 až 73 MHz,
VKV II 87,5 až 108 MHz,
SV 525 až 1 605 kHz,
DV 150 až 285 kHz.

Přípojná místa

univerzální zásuvka, zásuvka pro sluchátka.

Ovládání

6 tlačítek pro ovládání magnetofonu jako u KM 310, knoflík ladění, 2 posuvné regulátory hlasitosti, 1 posuvný regulátor tónové clony, přepínač vlnových rozsahů, přepínač druhu provozu, přepínač kmitočtu oscilátoru magnetofonu, spínač rozhlasového přijímače, přepínač intím.

Vybavení

bateriové i síťové napájení, výsuvné držadlo, samočinné koncové vypínání při chodu vpřed, indikace stavu suchých článků, feritová anténa pro AM, výsuvná anténa pro FM, automatická volba provozu s páskem Fe a Cr, vestavěné reproduktory i mikrofony, záznamová automatika.

Napájení

220 V/50 Hz,
6 suchých článků R 14.

Provedení a rozměry

skříňka z plastické hmoty, rozměry 41 × 15,5 × 9,5 cm, hmotnost 2,6 kg, cena 3 900,- Kčs.

SM 261



Kazetový stolní magnetofon třídy Hi-Fi pro monofonní i stereofonní záznam a reprodukci, záznamový materiál Fe i Cr, vestavěný obvod Dolby NR, bez koncových zesilovačů, avšak se zesilovači pro sluchátka.

Kmitočtový rozsah

40 až 12 500 Hz (Fe),

40 až 14 000 Hz (Cr).

Odstup rušivých napětí

52 dB (Fe)

54 dB (Cr) bez Dolby NR,

60 dB (Fe)

62 dB (Cr) s Dolby NR,

Kolisání rychlosti posuvu

±0,19 %

Přípojná místa

vstupy pro mikrofon, rádio, linku, výstupy pro vnější zesilovač, sluchátka, monitorování.

Ovládání

dvojitý otočný regulátor záznamové úrovně, 6 kláves s nízkým zdvihem pro základní funkce (záznam, reprodukce, pauza, převíjení vpřed a vzad a stop), tlačítko otevírání prostoru kazety, otočný regulátor hlasitosti ve sluchátkách, 5 tlačítek (auto rew, auto play, rec mute, Dolby NR a Fe/Cr).

Vybavení

dvoumotorový pohonný systém, motor posuvu pásku s tachoregulací, libovolný sled přepínání funkcí bez zastavení, elektronické vypínání na konci pásku nebo při poruše navíjení, dva indikátory záznamové a reprodukční úrovně sestavené ze sloupců LED, regulace hlasitosti poslechu sluchátky, příposlech při převíjení (cueing), tří-
místné počítadlo.

Napájení

220 V/50 Hz, 35 W.

Provedení a rozměry

celokovová skříň, rozměry 46 × 12 × 32 cm, hmotnost 8,5 kg, cena 5 410,- Kčs.

SM 580



Stolní kompaktní věž skládající se z kazetového magnetofonu, tuneru, gramofonu, zesilovače a dvou reproduktorových soustav.

Kmitočtový rozsah magnetofonu

40 až 14 000 Hz.

Odstup rušivých napětí magnetofonu

50 dB

Kolisání rychlosti posuvu magnetofonu

±0,2 %

Možnost příjmu tuneru

VKV I 65,5 až 73 MHz,

VKV II 87,5 až 108 MHz,

KV 5,95 až 9,775 MHz,

SV 525 až 1 605 kHz.

Typ gramofonního šasi

HC 30

Otáčky taliře

33 a 45 ot/min.

Kolisání otáček

$\pm 0,18\%$

Odstup hluku

34 dB

Vložka

VM 2202, magnetodynamická, svislá síla na hrot 25 mN, 50 až 12 500 Hz v pásmu 6 dB.

Kmitočtová charakteristika zesilovače

20 až 18 000 Hz v pásmu 2 dB.

Výstupní výkon

$2 \times 7 \text{ W}/4 \Omega$

Zkreslení

1 %

Reproduktorové soustavy

ARS 1014, rozměry $40 \times 26 \times 34 \text{ cm}$.

Vybavení

magnetofon s elektronickým ovládáním funkcí, vestavěná feritová anténa přijímače pro AM, přípojka pro anténu FM, zesilovač s pětipásmovým korektorem a výstupem pro připojení sluchátek. Blíže podrobnosti v době odevzdání rukopisu nejsou známy.

Napájení

220 V/50 Hz.

Provedení a rozměry

základní rozměry kompaktní věže $40 \times 26 \times 34 \text{ cm}$, další údaje ani cena nejsou známy.

SP 210



Kazetopásková paměť použitelná jako vnější paměť k osobním počítačům

Kmitočtový rozsah

80 až 10 000 Hz.

Odstup rušivých napětí

45 dB

Kolisání rychlosti posuvu

$\pm 0,4\%$

Přípojná místa

dvě kombinované zásuvky, zásuvka pro připojení sluchátek, vstupní a výstupní zásuvka pro dálkové ovládání, výkonový výstup.

Ovládání

6 tlačítek s nízkým zdvihem (záznam, pauza, chod vpřed, převíjení vpřed a vzad a stop), tlačítko kazetového prostoru, regulátor hlasitosti ve sluchátkách, tlačítko nulování počítadla.

Vybavení

dvoumotorový pohon, přepínání funkcí v libovolném pořadí, samočinné vypínání na konci pásky i při poruše navíjení, automatická regulace záznamové úrovně, příposlech záznamu, vestavěný reproduktor, vyhledávání místa na pásku (cueing).

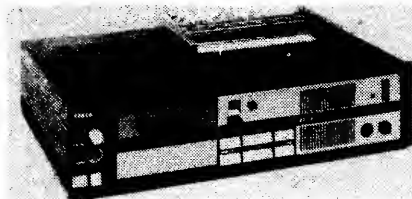
Napájení

220 V/50 Hz, 35 W.

Provedení a rozměry

celokovová skříň, rozměry $46 \times 12 \times 32 \text{ cm}$, hmotnost 8,5 kg, cena 3 300,- Kčs.

SP 210 T



Kazetopásková paměť použitelná jako vnější paměť k osobním počítačům doplněná jednohříčkovou grafickou tiskárnou.

Kmitočtový rozsah

80 až 10 000 Hz

Odstup rušivých napětí

38 dB

Kolisání rychlosti posuvu

$\pm 0,4\%$

Přípojná místa

dvě kombinované zásuvky, zásuvka pro připojení sluchátek, vstupní a výstupní zásuvka pro dálkové ovládání, výkonový výstup.

Vybavení

dvoumotorový pohon, přepínání funkcí v libovolném sledu, samočinné vypínání na konci pásky i při poruše navíjení, automatická regulace záznamové úrovně, příposlech záznamu, vestavěný reproduktor, vyhledávání místa na pásku (cueing).

Tiskárna

tisk bodový, 150 bodů za sekundu, 450 bodů na řádek, formát papíru A4.

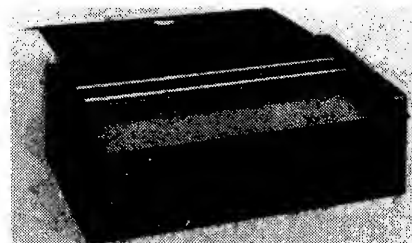
Napájení

220 V/50 Hz.

Provedení a rozměry

celokovová skříň, rozměry $46 \times 12 \times 32 \text{ cm}$, hmotnost 10 kg, cena 4 900,- Kčs.

BT 100



Jednohříčková grafická tiskárna vhodná k osobním počítačům vybaveným paralelními vstupy a výstupy

Způsob tisku

postupný, bodový mechanický.

Rychlost tisku

min 150 bodů/s.

Počet bodů na řádku

max 480.

Hmotnost papíru originálu

max. 70 g/m².

Kopírovací papír uhlový

14 g/m².

Počet kopií

1.

Rovnoměrnost tisku svislých čar

1 bod.

Vybavení

pohonný systém dvoumotorový, tisk na kancelářský papír podložený uhlovým papírem nebo na přímopropisující papír, ruční zakládání papíru.

Napájení

220 V/50 Hz, 5 W.

Provedení a rozměry

skříň o rozměrech $25 \times 8 \times 15 \text{ cm}$, hmotnost 1,5 kg, cena 1 500,- Kčs.

KP 311



Kazetopásková paměť v miniaturním provedení použitelná jako paměť k osobním počítačům.

Kmitočtový rozsah

výrobce neudán.

Odstup rušivých napětí

40 dB

Kolisání rychlosti posuvu

$\pm 0,6\%$

Přípojná místa

zásuvka pro připojení vnějších zdrojů signálu a k propojení s počítačem, zásuvka pro připojení sluchátek nebo vnějšího reproduktoru.

Vybavení

letmý start záznamu, elektretový mikrofon, vestavěný reproduktor, indikace zdrojů, automatická regulace záznamové úrovně, příposlech záznamu, přepínač DATA, třímístné počítadlo, napájení z vestavěných zdrojů nebo vnějšího zdroje 6 V.

Napájení

4 články typu R 6 (tužkové).

Rozměry

$17 \times 10 \times 3,5 \text{ cm}$.

Hmotnost, cena

0,5 kg, cena dosud nestanovena.

AMD 206



Elektrodynamický cívkový mikrofon s kardioidní směrovou charakteristikou

Kmitočtový rozsah

80 až 12 000 Hz.

Charakteristická citlivost

1,5 mV/Pa.

Směrová charakteristika

kardioidní.

Jmenovitá impedance

200 Ω .

Vybavení

přívodní šňůra 2 m, pevně připojena, nesymetrický výstup.

Rozměry

$34 \times 38 \times 155 \text{ mm}$.

Hmotnost

170 dkg.

Cena

300,- Kčs (v krabici),
330,- Kčs (v kož. pouzdru).

AMD 216



Elektrodynamický cívkový mikrofon s kardioidní směrovou charakteristikou

Kmitočtový rozsah

50 až 15 000 Hz.

Charakteristická citlivost

1,5 mV/Pa.

Směrová charakteristika

kardioidní.

Jmenovitá impedance

200 Ω.

Vybavení

pětikolíková zásuvka na mikrofonu, přívodní šňůra samostatná 5 m, vestavěný přepínač hudba-řeč, symetrický výstup

Rozměry

34 × 38 × 115 mm.

Hmotnost

170 dkg.

Cena

520,- Kčs.

AMD 411



Elektrodynamický cívkový mikrofon s kardioidní směrovou charakteristikou

Kmitočtový rozsah

50 až 15 000 Hz.

Charakteristická citlivost

1,2 mV/Pa.

Směrová charakteristika

kardioidní.

Jmenovitá impedance

200 Ω.

Vybavení

výstup symetrický, spolu se šňůrou, držákem a krytem proti větru se sestava dodává jako AMD 461.

Rozměry

Ø 40 × 180 mm.

Hmotnost

30 dkg.

Cena sestavy

1 210,- Kčs.

AMD 415

Elektrodynamický cívkový mikrofon s kardioidní směrovou charakteristikou

Kmitočtový rozsah

30 až 18 000 Hz.

Charakteristická citlivost

1,2 mV/Pa.

Směrová charakteristika

kardioidní.

Jmenovitá impedance

200 Ω.

Vybavení

výstup symetrický, přepínač hudba-řeč, spolu se šňůrou, držákem a krytem proti větru se sestava dodává jako AMD 465.

Rozměry

Ø 40 × 180 mm.

Hmotnost

30 dkg.

Cena sestavy

1 330,- Kčs.

ARS 1014 a 1018

Reproduktorové soustavy pro bytové použití

Kmitočtový rozsah

40 až 20 000 Hz.

Standardní příkon

20 W.

Charakteristická citlivost

84 dB.

Objem

12 l.

Impedance a osazení

4 Ω (ARS 1014), ARN 5604, ARV 3604.

8 Ω (ARS 1018), ARN 5608, ARV 3608.

Rozměry

36 × 25 × 21,5 cm.

Hmotnost

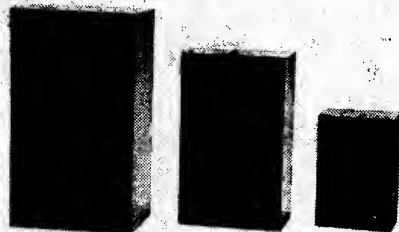
6 kg.

Cena

820,- Kčs ARS 1014,

830,- Kčs ARS 1018.

ARS 1034 a 1038



Reproduktorové soustavy pro bytové použití

Kmitočtový rozsah

35 až 20 000 Hz.

Standardní příkon

25 W.

Charakteristická citlivost

86 dB.

Objem

30 l.

Impedance a osazení

4 Ω (ARS 1034), ARN 6604, ARZ

4604, ARV 3604.

8 Ω (ARS 1038), ARN 6608, ARZ

4608, ARV 3608.

Rozměry

55 × 34 × 24,5 cm.

Hmotnost

12,5 kg.

Cena

1 620,- Kčs.

ARS 1054 a 1058

Reproduktorové soustavy pro bytové použití

Kmitočtový rozsah

26 až 20 000 Hz.

Standardní příkon

40 W.

Charakteristická citlivost

87 dB.

Objem

50 l.

Impedance a osazení

4 Ω (ARS 1054), ARN 8604, ARZ

4604, ARV 3604.

8 Ω (ARS 1058), ARN 8608, ARZ

4608, ARV 3608.

Rozměry

68 × 40 × 32 cm.

Hmotnost

20,5 kg.

Cena

2 220,- Kčs.

ARS 5015

Modul reproduktorového sloupu pro ozvučení vnějších prostranství nebo velkých uzavřených prostorů s delší dobou dozvuku, odolné proti povětrnostním vlivům.

Kmitočtová charakteristika

100 až 15 000 Hz.

Charakteristická citlivost

96 dB.

Standardní příkon

15 W, určené pro stovoltový rozvod.



Objem vnitřní

15 l.

Impedance

připojují se tzv. stovoltovým rozvodem

Poznámka

modul ARS 5115 je základní k zavěšení na stožár, zeď nebo na strop, ARS 5015 je přídatný, ARS 5215 je určený k montáži na zeď, konstrukčně shodné.

Rozměry

ARS 5015 57 × 32 × 18,5 cm,

ARS 5115 57 × 32 × 18,5 cm,

ARS 5215 51 × 26 × 18,5 cm.

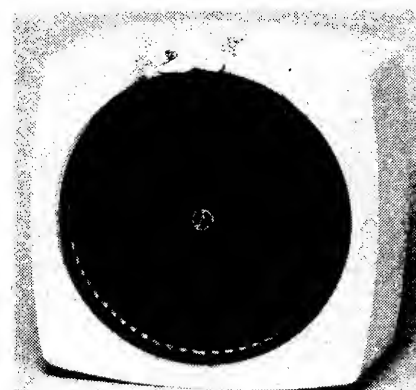
Cena

ARS 5015 1 600,- Kčs,

ARS 5115 1 420,- Kčs,

ARS 5215 1 000,- Kčs.

ARS 285



Reproduktor ve skřínce pro ozvučení pracovišť nebo kanceláří

Kmitočtová charakteristika

200 až 10 000 Hz.

Standardní příkon

6,3 nebo 1,5 W.

Charakteristická citlivost

89 dB.

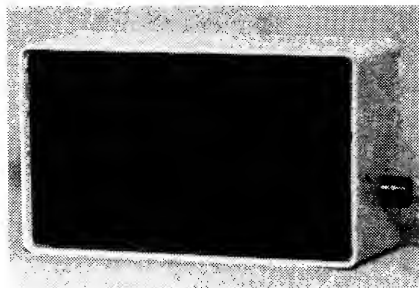
Impedance

připojují se tzv. stovoltovým rozvodem.

Rozměry, hmotnost, cena

23 × 23 × 13 cm, 2,1 kg, 205,- Kčs.

ARS 1600 a 1604



Reproduktor ve skřínce pro ozvučení pracovišť nebo kanceláří, s regulátorem hlasitosti typ 1604 nemá regulátor hlasitosti.

Kmitočtový rozsah

200 až 12 000 Hz.

Charakteristická citlivost

87 dB.

Standardní příkon

1 W.

Impedance

stovoltný rozvod (ARS 1600),
4 Ω, (ARS 1604).

Rozměry, hmotnost, cena

26,5 × 14,5 × 9,5 cm, 1,10 kg,
120,- Kčs (ARS 1600),
24,5 × 14,5 × 9,5 cm, 0,9 kg,
85,- Kčs (ARS 1604).

ARS 124



Sférický reproduktor pro ozvučení automobilu nebo pro obdobné použití

Kmitočtový rozsah

200 až 15 000 Hz.

Impedance

4 Ω.

Objem

1 l.

Hmotnost

1,3 kg,
Další podrobnosti výrobcem ne-
udány.

ARS 575

Sférický reproduktor pro ozvučení automobilu nebo pro obdobné použití

Kmitočtový rozsah

100 až 15 000 Hz.

Impedance

8 Ω.

Objem

3 l.

Hmotnost, cena

1,6 kg, Kčs.
Další podrobnosti výrobcem ne-
udány.

ARF 116, 116/A



Monofonní uzavřená sluchátka

Kmitočtový rozsah

50 až 15 000 Hz.

Maximální příkon

20 mV.

Impedance

150 Ω.

Poznámka

ARF 116 mají konektor s kolíky do
půlkruhu,
ARF 116/A mají konektor v podobě
dominové pětky.

Cena

ARF 116 240,- Kčs,
ARF 116/A 245,- Kčs.

ARF 310



Stereofonní uzavřená sluchátka

Kmitočtový rozsah

20 až 20 000 Hz.

Maximální příkon

2 × 10 mV.

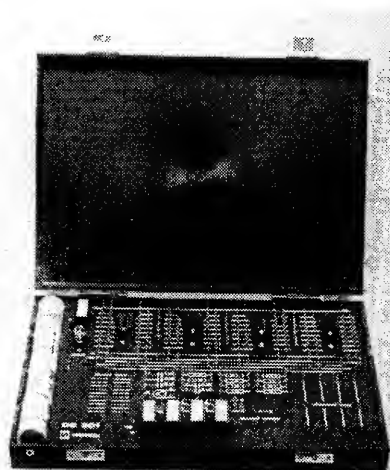
Impedance

2 × 200 Ω.

Hmotnost a cena

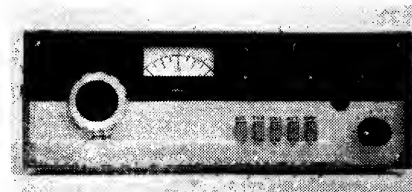
350 g (vč. šňůry), 790,- Kčs.

DS 201



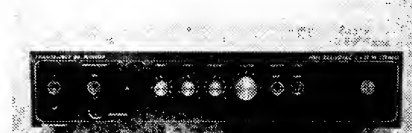
Jednoduchá stavebnice pro teoretickou i praktickou výuku digitálních funkcí s obvody CMOS. Stavebnice je dodávána bez napájecího zdroje a vyžaduje buď čtyři malé monočlánky, nebo vnější napájecí zdroj. Cena 1 060,- Kčs.

M 160



Telegrafní transceiver pro pásmo 160 m, napájený třemi plochými bateriemi nebo vnějším zdrojem. Cena 3 500,- Kčs.

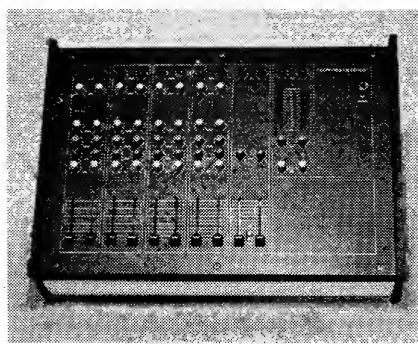
TW 44 SM



Stavebnice stereofonního zesilovače třídy Hi-Fi, všechny desky jsou osazeny a zkontrolovány. Cena neuvedena.

TM 120 JUNIOR

Směšovací zesilovač bez výkonových stupňů. Cena 8 640,- Kčs.



RS 508 C, RS 516 C

Reproduktorový sloup, příkon 30 W, objem 45 l. Cena 2 500,- Kčs.

RS 534, RS 538

Reproduktorová soustava třípásmová, příkon 30 W, objem 50 l, cena 2 100,- Kčs.

RS 634, RS 638

Reproduktorová soustava třípásmová, příkon 30 W, objem 60 l, cena 2 490,- Kčs.

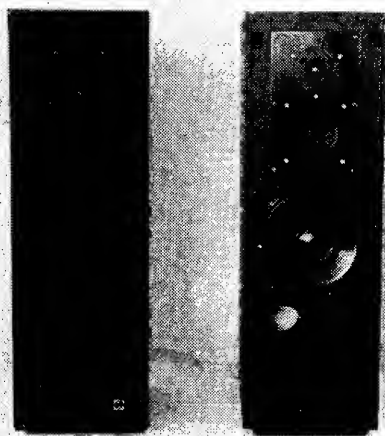
RS 634 S, RS 638 S

Totéž dodávané jako stavebnice, bez rámu a skříně. Cena 1 450,- Kčs.

BS 804, BS 816

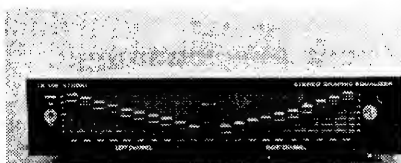
Reproduktorový sloup, příkon 80 W, objem 45 l, cena 2 490,- Kčs.

RS 434 CD, RS 438 CD



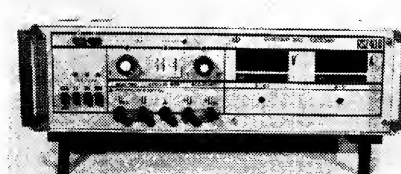
Reproduktorová soustava třípásmová s bas-reflexovou ozvučnicí, příkon 20 W, objem 40 l, cena 2 020,- Kčs.

TK 160



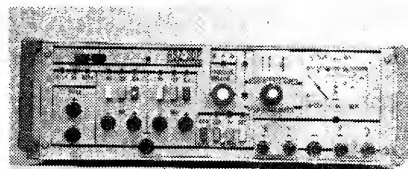
Stereofonní desetipásmový korektor. Cena 4 920,- Kčs.

RS 40 D



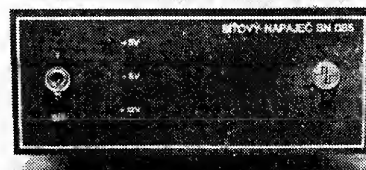
Stabilizovaný zdroj. Výstupní napětí 0 až 40 V, výstupní proud 0 až 5 A. Cena 12 780,- Kčs.

RSZ 30 P



Stabilizovaný zdroj. Výstup 9, 12 nebo 15 V/1,6 A; 5 V/4 A; nebo 0 až 30 V/0 až 3 A. Cena 11 150,- Kčs.

SN 085



Síťový napáječ. Výstupní napětí 5 V, 5 V a 12 V vhodný pro napájení počítače PMD-85. Cena 600,- Kčs.

RS 124, RS 128

Reproduktorové soustavy dvoupásmové, příkon 15 W, objem 15 l, cena 820,- Kčs.

RS 124 SP, RS 128 SP

Totéž dodávané jako stavebnice avšak bez předního rámu a průzvučné tkaniny. Cena 380,- Kčs.

RS 124 SS, RS 128 SS

Totéž v úplném stavebnicovém provedení. Cena 590,- Kčs.

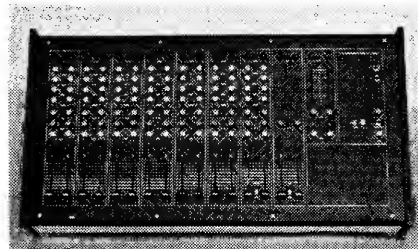
RS 334, RS 338

Reproduktorová soustava třípásmová, příkon 30 W, objem 30 l. Cena 1 580,- Kčs.

RS 334 SS, RS 338 SS

Totéž dodávané jako stavebnice v úplném provedení. Cena 1 200,- Kčs.

TM 140 STUDIO



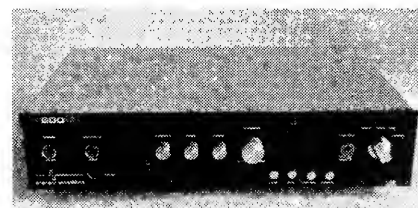
Směšovací zesilovač bez výkonových stupňů. Cena 13 370,- Kčs.

TWM 140



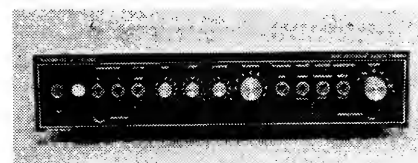
Stereofonní zesilovač s řídícím směšovačem umožňující připojit dva mikrofony, dvě magnetodynamické přenosky a dva magnetofony. K výstupu lze připojit buď jeden pár soustav s impedancí 4 Ω, nebo dva páry soustav s impedancí 8 Ω. Výstupní výkon 50 W (4 Ω). Cena 4 220,- Kčs.

TW 600 CD



Stereofonní zesilovač umožňující připojit všechny běžné zdroje nf signálu, výstupní výkon 2 × 20 W, cena 2 420,- Kčs.

TW 140 SM



Stavebnice stereofonního zesilovače TW 140 STUDIO, všechny desky jsou osazeny a zkontrolovány. Cena neuvedena.

NEZAPOMEŇTE!
Uzávěrka KONKURSU
je 20. srpna 1990.

INTEGROVANÉ OBVODY

Operační zesilovače a výkonové operační zesilovače v nízkofrekvenční technice

Vítězslav Stríž

Běžné integrované operační zesilovače, používané v nízkofrekvenční technice, mají velmi malý výstupní výkon, proto se používají pouze jako předzesilovače nebo korekční stupně. Pokud se vyžaduje střední nebo velký výstupní výkon, musí se k tomuto účelu použít výkonový zesilovač z diskretních součástek nebo integrovaný nf výkonový zesilovač. V poslední době se však na světovém trhu prodává velké množství různých výkonových operačních zesilovačů, které komplexně zajišťují potřebnou činnost téměř bez diskretních součástek. Obsah tohoto článku je věnován oběma skupinám operačních zesilovačů.

Integrované operační zesilovače jsou v moderní technice mikroelektroniky neodmyslitelnou součástí při analogovém zpracování signálů. Jejich předností je stabilní a spolehlivý provoz, velká účinnost a malé zkreslení. Zavedením výkonových operačních zesilovačů do praxe se do značné míry navíc zmenšila spotřeba diskretních součástek.

Operační zesilovače byly převážně konstruovány a vyvíjeny podle jednotné koncepce. Vnitřní zapojení těchto zesilovačů je pro uživatele zpravidla méně zajímavé. Nejdůležitější je obvykle zapojení vývodů z pouzdra. Zvláštní pozornost si však zaslouhuje koncepce použitých výstupních stupňů.

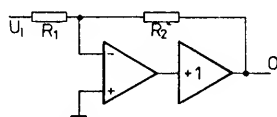
Ideální elektrické vlastnosti ve srovnání se skutečně dosahovanými vlastnostmi několika nejznámějších operačních zesilovačů s malým i velkým výkonem jsou sestaveny v tab. 1. Nejvíce používané komplementární výstupní stupně se mohou zatěžovat proudem až do 30 mA. U některých typů zesilovačů je vestavěn ochranný obvod proti přetížení, kterým se omezuje zatížení zesilovače větším proudem než je dovolený výstupní proud. Výstupní odpor operačních zesilovačů bývá v rozsahu od 50 do 200 Ω . Maximální dovolený ztrátový výkon zesilovačů v pouzdru TO-99 nebo plastovém pouzdru DIL bývá maximálně 500 až 800 mW. K řízení motorků, žárovek či různých ochranných tento výkon zpravidla nepostačuje. Proto, je-li potřebný větší výkon, musí se k běžnému operačnímu zesilovači připojit přídatný výkonový zesilovač s potřebným výkonem.

Výkonové zesílení operačního zesilovače je dáno v podstatě použitým zapojením a součástkami výstupního stupně, které určují jeho vlastnosti. Již zmíněný výstupní odpor se vlivem zapojení operačního zesilovače zmenšuje o činitel zesílení smyčky. Vyjadřuje to vztah

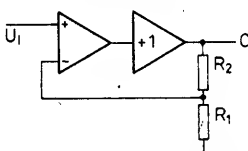
$$R_0' = R_0 \frac{1}{g} = R_0 \frac{A'}{A}$$

Protože ve výstupním stupni operačního zesilovače není možné libovolně zvětšit napětí, je třeba vždy brát v úvahu zmenšení výstupního napětí vzhledem k použitému napájecímu napětí i v případě, je-li výstupní odpor R_0' menší než zatěžovací odpor.

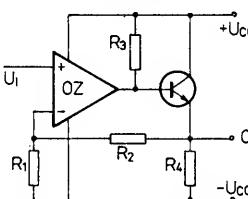
Zesílení operačního zesilovače s otevřenou smyčkou se při zvyšování provozního kmitočtu zmenšuje a má přímý vliv na velikost výstupního odporu. Do kmitočtu asi 4 kHz zůstává výstupní odpor konstantní,



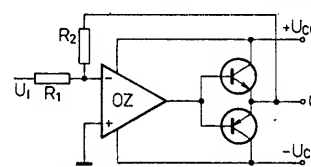
Obr. 1. Funkční skupinové zapojení operačního zesilovače a přídatného zesilovače spolu se zpětnou vazbou u invertujícího zesilovače



Obr. 2. Funkční skupinové zapojení operačního zesilovače a přídatného zesilovače spolu se zpětnou vazbou u neinvertujícího zesilovače



Obr. 3. Základní návrh řešení jednoduchého emitorového sledovače s jednotranzistorovým přídatným zesilovačem



Obr. 4. Základní návrh řešení jednoduchého emitorového sledovače s přídatným dvoutranzistorovým zesilovačem bez klidového proudu

pak se zvětšuje až na trojnásobek na kmitočtu 110 kHz, pokud se nepoužije přídatný proudový zesilovač (booster). Lineárního konstantního průběhu výstupního odporu se dosáhne použitím přídatného proudového zesilovače na výstupu operačního zesilovače – pak má výstupní odpor výchozí velikost asi do 100 kHz a dále se bude mírně zvětšovat až na konečnou velikost, jež je dvojnásobkem výchozí velikosti při 100 Hz. Tato výchozí velikost výstupního odporu je asi poloviční proti provozu bez proudového zesilovače.

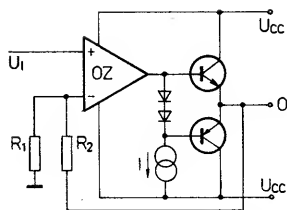
Jestliže se budou používat menší zatěžovací odpory nebo velké kapacitní zátěže, doporučuje se používat přídatný výkonový nebo proudový zesilovač. U výkonových operačních zesilovačů jsou tyto přídatné zesilovače na společném čipu s ostatními součástkami (viz bloková zapojení na obr. 1 a 2). Při jinak nezměněných vlastnostech se u takto upraveného zesilovače dosáhne podstatně příznivějšího průběhu výstupního odporu při vyšších provozních kmitočtech.

Způsob základního řešení přídatných zesilovačů k operačnímu zesilovači je zřejmý z obr. 3 až 5. Ve všech případech jde v podstatě o emitorový sledovač s napětovým zesílením 1. Na obr. 3 je jednoduchý jednotranzistorový emitorový sledovač s rezistorem R3 mezi výstupem a kladným napájecím napětím, který je vhodný pro operační zesilovače s otevřeným kolektorovým výstupem, jako jsou např. výrobky RFT typu B761D nebo B861D z NDR.

Všestranné použití má operační zesilovač s přídatným komplementárním emitorovým sledovačem s doplňkovými tranzistory n-p-n a p-n-p. Pracuje-li tento přídatný zesilovač bez klidového proudu v zapojení podle obr. 4, vzniká vlivem napětí báze-emitor určitá „mrtvá zóna“. Při zavedení silné zpětné vazby je „mrtvá zóna“ zanedbatelně

Tab. 1. Elektrické vlastnosti ideálního a skutečných operačních zesilovačů

Vlastnost	Ideální zesilovač	MAA501	MAA741	B165H B165V	OPA541BM
Napětové zesílení A_u [dB]	∞	70	>50	76	>90
Vstupní napětová nesymetrie U_{IO} [mV]	0	≤ 6	≤ 5	≤ 20	≤ 1
Teplotní součinitel vstupní napětové nesymetrie $TK_{U_{IO}}$ [μ V/K]	0	≤ 6	10	–	≤ 30
Vstupní klidový proud I_{IB} [nA]	0	$\leq 1\,500$	≤ 500	$\leq 1\,000$	≤ 50
Vstupní odpor R_i [k Ω]	∞	≥ 40	≥ 300	≥ 100	1 T Ω
Výstupní odpor R_o [Ω]	0	150	60	–	–
Potlačení soufázovosti CMR [dB]	∞	≥ 70	≥ 70	≥ 56	–
Rychlost přeběhu S [V/ μ s]			0,5	8	≥ 6
Ztrátový výkon celkový P_{tot} [W]		0,3	0,5	20	125

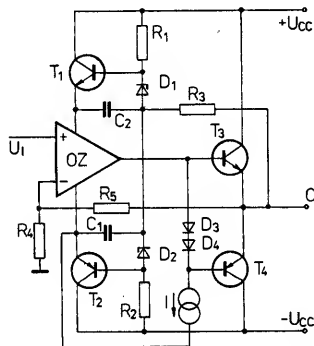


Obr. 5. Zapojení přídavného zesilovače se dvěma tranzistory a určitým klidovým proudem a potlačením „klidové zóny“

malá, avšak při vyšších kmitočtech a větších provozních zesíleních může být příčinou různých problémů.

Určitou vyváženost zajišťuje upravené zapojení operačního zesilovače podle obr. 5, které pracuje s malým klidovým proudem. U tohoto zapojení se „mrtvá zóna“ neprojeví.

U všech popsaných přídavných zesilovačů je maximální napěťový pokles výstupního napětí stále ještě větší než asi 1 V (vzhledem k U_{cc}), takže při běžném doporučeném napájecím napětí U_{cc} na horní hranici (+15 V až +18 V) je jejich použitelnost zřetelně omezena. Určité východisko z tohoto problému nabízí tzv. přídavný napájecí zesilovač v zapojení podle obr. 6. Řízením stabi-



Obr. 6. Přídavný zesilovač se čtyřmi tranzistory, který slouží ke zvětšení napájecího napětí operačního zesilovače

lizačních stupňů (T1, T2, D1, D2, R1, R2) z výstupu přídavného zesilovače přes rezistor R3 se napájecí napětí operačního zesilovače přiblíží k výstupnímu napětí, aniž by se překročilo dovolené mezní napětí na operačním zesilovači. Rozkmit výstupního napětí se podstatně zvětší úpravou vstupních veličin operačního zesilovače.

Uvedený příklad názorně ukazuje, že k dosažení většího rozsahu výstupního proudu a výstupního napětí není zapotřebí podstatně většího množství diskretních součástek. K zaručení spolehlivosti provozu zapojení jsou nutné ochranné obvody, které popsané zapojení neobsahuje. Mimo jednoduchou nadproudovou ochranu je možno zapojení na obr. 5 kombinovat při větším napájecím napětí též s ochranou proti překročení spolehlivého pracovního výkonového rozsahu (SOAR).

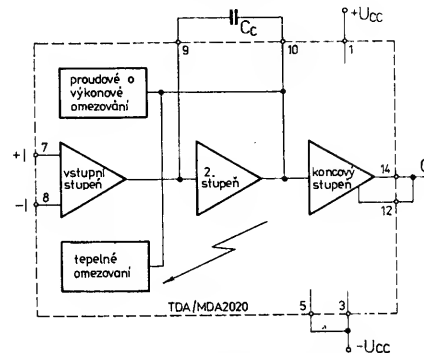
Integrované výkonové operační zesilovače

Úspěšné zvládnutí technologie struktur integrovaných obvodů s malými výkony a výkonových součástek na společné křemíkové podložce se stalo prvním krokem k výrobení výkonových operačních zesilovačů, které se vyznačují oproti běžným OZ větší napěťovou pevností, větší proudovou zatížitelností a lepším odvodem tepla ze součástky. Současná moderní technologie dovoluje integrovat do společného obvodu výkonové tranzistory s napěťovou pevností

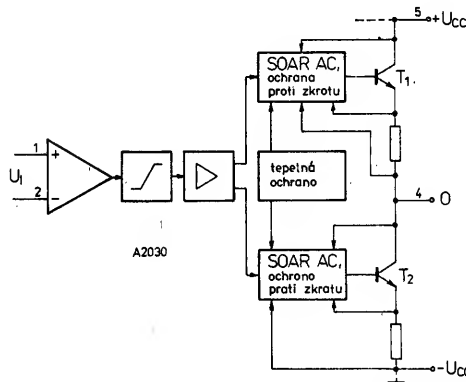
větší než 40 V a s proudy kolektoru okolo 3,5 A na ploše čipu menší než 1 mm². Proudové zesílení těchto součástek je při velkých proudech větší než 30. Pro porovnání: Běžný diskretní tranzistor, vyrobený obvyklou technologií, vyžaduje asi pětinašobně větší plochu čipu.

Spolu s vývojem výrobních technologií a postupů čipů výkonových integrovaných obvodů probíhal vývoj ochranných zapojení a tvarů pouzder s velkou tepelnou vodivostí, která jsou dalšími hlavními podmínkami spolehlivého a bezporuchového provozu zesilovačů. To vše přispělo ke konstrukci výkonových integrovaných obvodů, které můžeme rozdělit do dvou skupin:

- nízkofrekvenční výkonové zesilovače s vnitřní strukturou a vnějším zapojením typickým pro operační zesilovače,
- výkonové operační zesilovače.



Obr. 7. Funkční zapojení nf výkonového zesilovače MDA2020



Obr. 8. Funkční skupinové zapojení nf výkonového zesilovače A2030

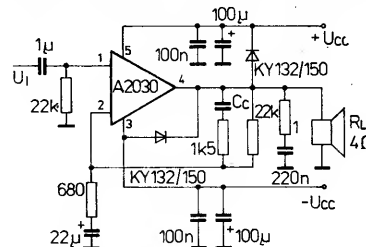
Typickými dostupnými představiteli první skupiny nf výkonových zesilovačů jsou integrované obvody MDA2020 (TDA2020), A2030H, A2030V (TDA2030). Jejich funkční skupinové zapojení je na obr. 7 a 8. Symetrická konstrukce těchto výkonových zesilovačů dává záruku jejich velmi stabilní činnosti. Pouze tak je totiž možné dosáhnout tak velkého výkonu, kterého se dosahovalo jen s velmi složitými diskretními zapojeními při velkých finančních nákladech. Požadovaná velká provozní spolehlivost se přitom zajišťovala složitými ochrannými zapojeními. Použitá ochranná zapojení v nf zesilovačích výkonu MDA2020 a A2030 jsou patrná z funkčních zapojení na obr. 7 a 8.

Tepelná ochrana využívá známé závislosti napětí báze-emitoru na teplotě čipu. Při dosažení horní hranice nejvyšší přípustné teploty čipu (150 °C) zmenší ochranné zapojení buzení koncového stupně na přípustnou míru, nebo v kritickém případě koncový stupeň dočasně vyřadí z provozu.

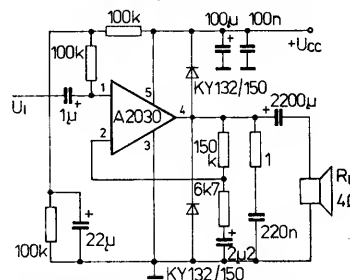
Nadproudová ochrana odvozuje z napěťového úbytku na „svařovacích“ drátech proudově závislý signál a umožňuje odděleně chránit každý koncový stupeň. Z napájecího, popř. středního napětí se přivádí přes rezistory napěťově závislý proud na

toto ochranné zapojení a tak se zaručuje účinná ochrana SOAR.

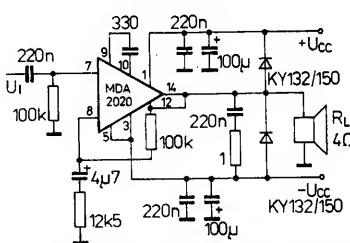
Vnitřní struktura nf výkonových zesilovačů MDA2020 a A2030 dovoluje vnější zapojení, které je určitou obdobou operačních zesilovačů. Typická základní zapojení s těmito obvody jsou na obr. 9, 10 a 11. Provoz nf výkonového zesilovače A2030 s jedním kladným napájecím napětím + U_{cc} (obr. 10)



Obr. 9. Typické zapojení nf zesilovače výkonu A2030 se symetrickým napájecím napětím



Obr. 10. Typické zapojení nf zesilovače výkonu A2030 s nesymetrickým napájecím napětím



Obr. 11. Typické zapojení nf zesilovače výkonu MDA2020 se symetrickým napájecím napětím

je možný jen tehdy, jestliže se invertující vstup spojí s napětím $+U_{cc}/2$ a reproduktor se připojí k výstupu přes vazební kondenzátor s odpovídající kapacitou. Přímé galvanické připojení reproduktoru k výstupu, které se připouští při symetrickém napájení, se vyhýbá pootočení fáze a ztrátám zvláště při nízkých a velmi nízkých kmitočtech.

Při napěťovém zesílení se zavedenou zpětnou vazbou 30 až 40 dB, která doporučují výrobci, se používají tyto kmitočtové kompenzace: U zesilovačů A2030 člen RC z výstupu na invertující vstup (člen II), u zesilovačů MDA2020 tzv. Millerův kondenzátor v budicím stupni. Paralelně s reproduktorem se v každém případě připojuje Boucherotův člen (kondenzátor 220 nF, rezistor 1 Ω).

Jestliže se popsané zesilovače použijí na nízkých a velmi nízkých kmitočtech (činnost se blíží tzv. stejnosměrnému provozu), není možné bez problémů používat přídavná zapojení pro zvětšení napětí budicího stupně.

Vlastnosti u nás dostupných nf výkonových zesilovačů jsou uvedeny v tab. 2. Některé grafické závislosti obvodu A2030, které doplňují údaje v tabulce, jsou na obr. 12 až 14. Průběh výstupního výkonu zesilovače A2030 v závislosti na napájecím napětí je na obr. 12 (při provozu v zapojení podle obr. 9 se zatěžovacím odporem 4 Ω

a 8 Ω). Pro srovnání udává čárkovaná křivka průběh výstupního výkonu dvou obvodů A2030 v můstkovém zapojení podle obr. 16.

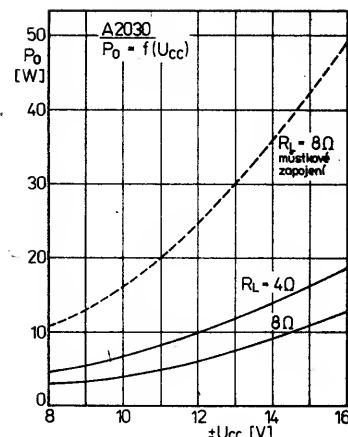
Typický průběh zkreslení v závislosti na provozním kmitočtu zesilovače výkonu A2030 je na obr. 13. Nejmenší zkreslení je v oblasti kmitočtu 1 kHz, směrem k nižším kmitočtům se zvětšuje mírně, směrem

k vyšším kmitočtům strmě (na 12 kHz je zkreslení asi 0,25 %).

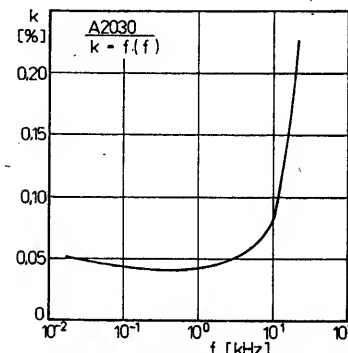
Napěťové zesílení při otevřené smyčce zesilovače A2030 v závislosti na provozním kmitočtu graficky znázorňuje obr. 14; platí v zapojení podle obr. 9. Typický zisk 90 dB je závislý na použitém kompenzačním kondenzátoru C_c . Zesílení se s kmitočtem

Tab. 2. Elektrické údaje nf výkonových zesilovačů A2030H, A2030V, MDA2020

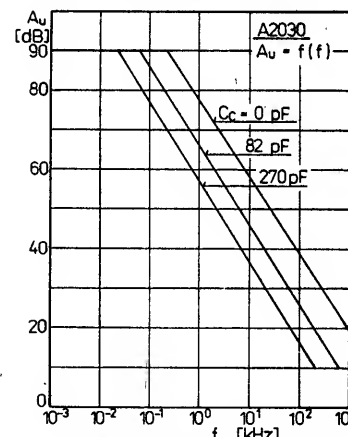
Mezní údaje		
Platí v celém rozsahu pracovních teplot.		
	A2030H, A2030V	MDA2020
Napájecí napětí [V]	$\pm U_{CC} = \pm 6$ až ± 18	± 6 až ± 22
Výstupní proud vrcholový [A]	$I_{OM} \leq 3,5$	3,5
Ztrátový výkon celkový [W]	$P_{tot} \leq 20$	25
$\vartheta_C \leq 75^\circ\text{C}$	$P_{tot} \leq$	
Tepelný odpor přechod – pouzdro [$^\circ\text{C}$]	$R_{thjc} \leq 3 \text{ K/W}$	
Rozsah provozních teplot okolí [$^\circ\text{C}$]	$\vartheta_a = -25$ až $+70^{(1)}$	
Rozsah teploty přechodu [$^\circ\text{C}$]		-40 až $+150$
Charakteristické údaje		
Platí při $\vartheta_a = 25^\circ\text{C}$, není-li uvedeno jinak; A2030: $\pm U_{CC} = \pm 18 \text{ V}$; MDA2020: $\pm U_{CC} = \pm 17 \text{ V}$		
Vstupní napěťová nesymetrie U_{IO} [mV] $A_u = 30 \text{ dB}$	5; ≤ 20	5
Vstupní proudová nesymetrie I_O [nA] $A_u = 30 \text{ dB}$	15; ≤ 500	50
Vstupní klidový proud I_B [μA] $A_u = 30 \text{ dB}$	≤ 1	0,15
Výstupní napěťová nesymetrie U_{OO} [mV]	5; ≤ 22	10; ≤ 100
Výstupní výkon P_O [W] $f = 1 \text{ kHz}$, $k = 10\%$; $\pm U_{CC} = \pm 14 \text{ V}$, $R_L = 4 \Omega$ $\pm U_{CC} = \pm 14 \text{ V}$, $R_L = 8 \Omega$ $k = 1\%$, $f = 40$ až 16000 Hz ; $\pm U_{CC} = \pm 17 \text{ V}$, $\vartheta_C \leq 70^\circ\text{C}$, $R_L = 4 \Omega$ $\pm U_{CC} = \pm 18 \text{ V}$, $\vartheta_C = 70^\circ\text{C}$, $R_L = 4 \Omega$ $k = 10\%$, $f = 1 \text{ kHz}$, $\vartheta_C \leq 70^\circ\text{C}$ $\pm U_{CC} = \pm 17 \text{ V}$, $R_L = 4 \Omega$ $\pm U_{CC} = \pm 18 \text{ V}$, $R_L = 8 \Omega$	18,5; ≥ 16 11; ≥ 10	18,5; ≥ 15 20 24 16,5
Zkreslení k [%] $\pm U_{CC} = \pm 14 \text{ V}$, $f = 1 \text{ kHz}$; $R_L = 4 \Omega$, $P_O = 0,1 \text{ W}$ $R_L = 4 \Omega$, $P_O = 12 \text{ W}$ $R_L = 8 \Omega$, $P_O = 8 \text{ W}$ $P_O = 0,15$ až 15 W , $f = 40$ až 15000 Hz $\pm U_{CC} = \pm 17 \text{ V}$, $R_L = 4 \Omega$ $P_O = 0,15$ až 15 W , $f = 1 \text{ kHz}$ $\pm U_{CC} = \pm 17 \text{ V}$, $R_L = 4 \Omega$	0,1; $\leq 0,5$ 0,1; $\leq 0,5$ 0,1; $\leq 0,5$	0,3; ≤ 1 0,2
Vstupní napětí U_i [mV] $P_O = 15 \text{ W}$, $A_u = 30 \text{ dB}$, $f = 1 \text{ kHz}$; $R_L = 4 \Omega$ $R_L = 8 \Omega$		260 380
Šířka pásma BW [Hz] $P_O = 6 \text{ W}$		30 až 100k
Napěťový zisk otevřené smyčky A_{uO} [dB] $\pm U_{CC} = \pm 14 \text{ V}$, $U_{set} = 20 \text{ V}$, $R_L = \infty$ $P_O = 6 \text{ W}$, $f = 1 \text{ kHz}$	≥ 76	29,5 až 30,5
Potlačení bručivého napětí SVR [dB] $U_{CC} = 28 \text{ V}$, $R_G = 22 \text{ k}\Omega$, $R_L = 4 \Omega$ $f_{br} = 100 \text{ Hz}$, $U_{br ef} = 0,5 \text{ V}$	50; ≥ 40	
Vstupní odpor R_i [k Ω] $P_O = 6 \text{ W}$		98; ≥ 80
Napájecí proud I_{CC} [mA] $\pm U_{CC} = \pm 8 \text{ V}$, $U_i = 0 \text{ V}$ $\pm U_{CC} = \pm 22 \text{ V}$, $U_i = 0 \text{ V}$ $\pm U_{CC} = \pm 17 \text{ V}$, $P_O = 18,5 \text{ W}$, $R_L = 4 \Omega$ $\pm U_{CC} = \pm 18 \text{ V}$, $P_O = 16,5 \text{ W}$, $R_L = 8 \Omega$	40; ≤ 60	60; ≤ 140 1000 700



Obr. 12. Výstupní výkon nf zesilovače A2030 v závislosti na napájecím napětí a zatěžovacím odporu 4 Ω a 8 Ω ; čárkovaná křivka platí pro můstkové zapojení se dvěma obvody A2030 a zatěžovacím odporem 8 Ω v zapojení podle obr. 16



Obr. 13. Zkreslení nf zesilovače s obvodem A2030 v závislosti na kmitočtu



Obr. 14. Napěťové zesílení naprázdno nf zesilovače s obvodem A2030 v zapojení podle obr. 9 v závislosti na kmitočtu pro různé kompenzační kondenzátory C_c

zmenšuje podstatně. S kondenzátorem 270 pF se zesílení začíná zmenšovat již od kmitočtu 40 Hz, s kondenzátorem 82 pF od 80 Hz. Konstruktor obvodu musí obezřetně volit nejvhodnější kapacitu kompenzačního kondenzátoru s ohledem na požadované zesílení.

Výstupní výkon zesilovače při sinusovém vstupním signálu lze vypočítat podle vztahu

$$P_O = 0,5 \frac{U_O^2}{R_L}$$

Zanedbáme-li saturační napětí kvazikomplementárních koncových stupňů, platí přibližný vztah

$$U_O^2 = |U_{CC}|^2$$

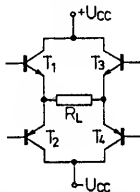
Proto můžeme předchozí vztah upravit na

$$P_o = 0,5 \frac{U_{cc}^2}{R_L}$$

S přihlédnutím k uvedeným zjednodušením a k požadavkům na co nejmenší činitel zkreslení můžeme v praxi počítat s výstupním výkonem, který nebude větší než asi 70 % výkonu, vypočítaného podle posledně uvedeného vztahu.

Úzká vazba napájecího napětí a zatěžovacího odporu omezuje zvláště u integrovaných výkonových zesilovačů snahu o zvětšení výkonu. Prvním omezujícím činitelem jsou technologické meze, které nedovolují u operačních zesilovačů podstatně zvětšit napájecí napětí z 36 až 40 V, ani vrcholový výstupní proud nad 3,5 A. Dalším činitelem je zatěžovací odpor používaných reproduktorů, který si zavedli jejich výrobci a který je převážně dán platnými zvyklostmi a normami.

Elegantním východiskem z této situace je konstrukce můstkových zapojení s popsanými nf výkonovými zesilovači. Praktická realizace můstkových zapojení vyžaduje skutečně minimální náklady, což je jejich další přednost. Využití invertujících a neinvertujících vstupů umožňuje konstruovat můstková zapojení bez přídavných zesilovačů pro posuv fáze. Na obr. 15 je schéma



Obr. 15. Zjednodušené zapojení vazby zatěžovacího odporu můstkového zesilovače

tický znázorněn způsob vazby zátěže můstkových zesilovačů. Řízení zesilovače v protifázi způsobuje, že se na zatěžovacím odporu uplatňuje přes tranzistory T1, T4, popř. T2, T3 dvojnásobné výstupní napětí. Jestliže zanedbáme saturační napětí, platí

$$U_o = | +U_{cc} | + | -U_{cc} | = 2U_{cc}$$

$$P_o = 2 \frac{U_{cc}^2}{R_L}$$

Výstupní výkon je tedy v podstatě větší o činitel 4 ve srovnání s jednoduchými koncovými stupni. Při nezměněném zatěžovacím odporu se však uplatňuje dvojnásobný vrcholový proud. Dosahuje-li u jednoduchého zesilovače maximální vrcholový výstupní proud

$$I_{om} = 2 \frac{P_o}{U_o}$$

je realizace můstkového zesilovače možná jen s dvojnásobně velkým zatěžovacím odporem. Tím se výstupní výkon zvětší jen o činitel 2.

Příklad zapojení můstkového zesilovače se dvěma integrovanými obvody A2030, popř. TDA2030, je na obr. 16. Pravý zesilovač dostává vstupní signál z výstupu levého zesilovače na invertující vstup. Podmínkou úspěšné práce zesilovače je dodržení doporučeného odporu rezistorů R1, R2, R3 a kapacity kondenzátoru C1.

Rezistorem R1 se nastavuje zesílení uzavřené smyčky. Pokud bude jeho odpor větší než jmenovitý odpor, zvětší se zesílení, při menším odporu se zesílení zmenší.

Rezistorem R2 se rovněž nastavuje zesílení uzavřené smyčky. Změna jeho odporu má opačný vliv než změna odporu rezistoru R1. Proto při větším odporu se zesílení zmenší, při menším odporu se zesílení zvětší.

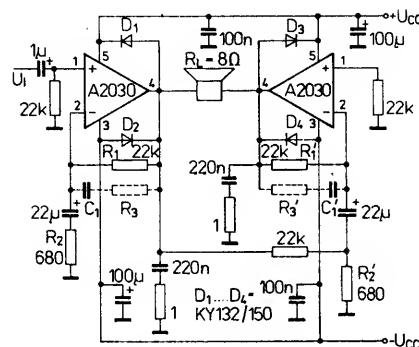
Odpor rezistoru R3 má být přibližně 3× větší než odpor rezistoru R2. Odporem rezistoru se určuje horní mezní kmitočet. Při větším než doporučeném odporu se zhorší poměr mezních kmitočtů, při menším odporu vzniká nebezpečí nežádoucích oscilací zesilovače s následným zničením integrovaných obvodů.

Kapacita kondenzátoru C1 má přibližně odpovídat vztahu

$$C_1 = \frac{1}{2 \pi B R_1}$$

kde B je šířka pásma. Velikost kapacity určuje horní mezní kmitočet. Zvětší-li se kapacita kondenzátoru, zmenší se šířka pásma, zmenší-li se kapacita, bude šířka pásma větší.

Doporučené odpory rezistorů a kapacit kondenzátorů v zapojení podle obr. 16.



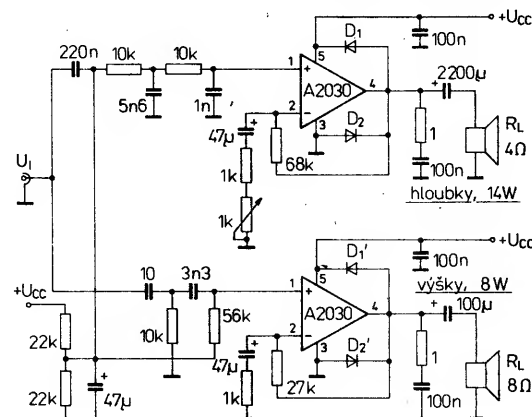
Obr. 16. Příklad řešení můstkového zesilovače se dvěma obvody A2030

zaručí nejvhodnější pracovní podmínky a výkon tohoto zesilovače. Při napájecím napětí ± 14 V je výstupní výkon zesilovače v můstkovém zapojení 28 W, zkreslení nepřesahuje 0,5 % v celém rozsahu provozních kmitočtů od 40 do 15 000 Hz.

Dobré vlastnosti a velký výstupní výkon integrovaných zesilovačů výkonu A2030 je možné využít ke konstrukci dvoukanalového nízkofrekvenčního zesilovače s celkovým výstupním výkonem 22 W pro použití v kvalitních aktivních boxech. Návrh zapojení je na obr. 17. Horní zesilovač zesiluje hluboké a střední tóny. Pracuje s reproduktorem s impedancí 4 Ω a odevzdá výstupní výkon 14 W. Dolní zesilovač zesiluje vysoké tóny, pracuje s impedancí reproduktoru 8 Ω a jeho výstupní výkon je 8 W. Reprodukce zesilovacího kanálu hlubokých tónů se může do jisté míry ovlivňovat potenciometrem 1 k Ω v obvodu invertujícího vstupu.

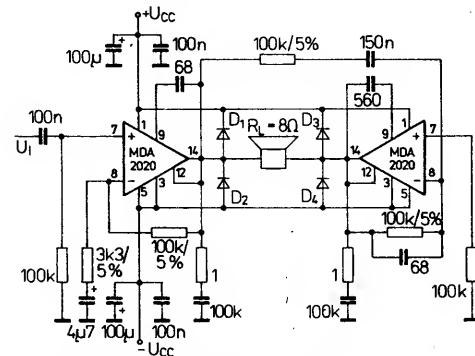
Ochranné diody KY130/150 ve výstupech obou zesilovačů jsou velmi nutné k zajištění bezpečného provozu integrovaných obvodů (chrání před napěťovými špičkami). Protože uvedené diody nemají zaručené dynamické vlastnosti, je vhodnější použít rychlejší diody (např. TESLA KY261), které jsou

Obr. 17. Návrh zapojení dvoukanalového zesilovače hi-fi pro aktivní reproduktorové skříně s celkovým výkonem 22 W



ovšem dražší, zato zajišťují spolehlivější ochranu. Mechanická konstrukce popsaného dvoukanalového zesilovače je v podstatě podobná jako u jednoduchého zesilovače. Zesilovače se napájejí pouze jedním kladným napětím +14 V až +24 V. Průměrné zkreslení v kmitočtovém rozsahu 40 až 15 000 Hz je asi 0,1 %, nejvíce však 0,5 %.

Praktické zapojení můstkového zesilovače s integrovanými obvody čs. výroby TESLA MDA2020, které využívá protifázového řízení, je na obr. 18. Zapojení je



Obr. 18. Příklad zapojení můstkového zesilovače se dvěma obvody MDA2020

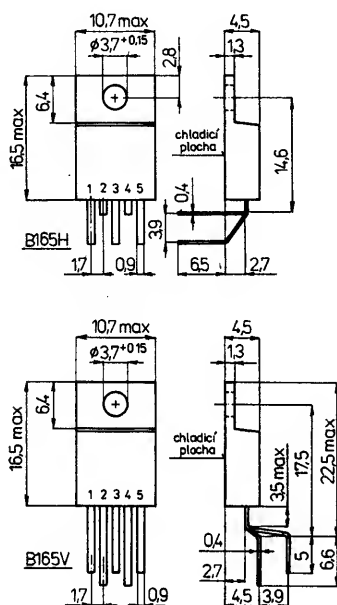
odvozeno od doporučeného zapojení integrovaného obvodu TDA2020 italského výrobce SGS, který tento zesilovač vyvinul. Vstupní napětí se přivádí střídavě přímo na invertující a neinvertující vstup. Rozdílné napěťové zesílení obou integrovaných obvodů se přitom vyrovnává odlišně volenými odpory zpětnovazebních rezistorů 300 k Ω , popř. 310 k Ω .

Popsané integrované výkonové zesilovače můžeme v podstatě považovat za výkonové operační zesilovače, i když některé požadavky na operační zesilovače nesplňují. V podstatě jsou konstruovány na základě stejných technologických postupů. Slučují na společném čipu vlastnosti klasických operačních zesilovačů s přídavnými výkonovými stupni. Jsou opatřeny již popsanými ochrannými zapojeními. Dodávají se v jednoduchých a levných plastových pouzdrech, která umožňují snadnou montáž a dobré chlazení.

Jako typický představitel prvních „skutečných“ výkonových operačních zesilovačů může posloužit integrovaný obvod TCA365 z výroby firmy Siemens. Vyznačuje se ztrátovým výkonem 15 W, pracuje s napájecím napětím v širokém rozsahu od ± 4 V do ± 18 V. Zatěžovat se může vrcholovým výstupním proudem do 3 A. Vstupní stupeň tohoto výkonového zesilovače je osazen diferenčním zesilovačem s Darlingtonovými tranzistory p-n-p, který zaručuje velký rozsah soufázového vstupního napětí (min. +13,4 V/-15 V) a mály

vstupní proud (max. 200 nA). Vnitřní kompenzace výstupu na vstup budicího stupně zjednodušuje vnější zapojení obvodu a zajišťuje jeho stabilní činnost. Vedle přímého blokování symetrického napájecího napětí přímo na součástce vyžaduje funkce obvodu pouze připojit Boucherotův člen. Fázový posuv při zesílení 10 dB je 45°. Při zesílení větším než 20 dB je v impulsním provozu zaručován minimální překmit. Předností zesilovače je rychlost náběhu výstupního napětí (při provozu jako neinvertující zesilovač) 5 V/μs, popř. (jako invertující zesilovač) 5,5 V/μs.

Výkonový operační zesilovač TCA365 se dodává v plastovém pouzdru TO-220, tato součástka se však k nám nedováží, zapojení vývodů má stejné jako dále popsaný výkonový zesilovač B165 (obr. 19). V podstatě může TCA365 úspěšně nahradit dostupný výkonový operační zesilovač B165H, B165V, vyráběný v NDR podnikem RFT.



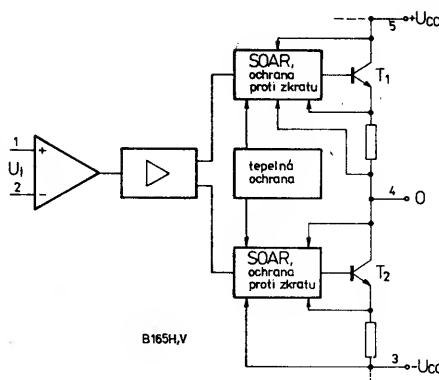
Obr. 19. Vnější provedení, hlavní rozměry a zapojení vývodů výkonových operačních zesilovačů B165H (horní obr.), B165V (dolní obr.). Vývod č. 1 – neinvertující vstup; 2 – invertující vstup; 3 – přípoj záporného napájecího napětí; 4 – výstup; 5 – přípoj kladného napájecího napětí. Zapojení vývodů zesilovače B165V je shodné s B165H, vnější provedení je mírně odlišné

Výkonové operační zesilovače B165H, B165V, L165V

Monolitické integrované obvody B165H, B165V z výroby podniku VEB Halbleiterwerk Frankfurt/O. v NDR jsou výkonové operační zesilovače se ztrátovým výkonem 20 W a vrcholovým výstupním proudem 3,5 A. Vyznačují se velkým zesílením, vnitřní kmitočtovou kompenzací, velkým potlačením soufázovosti a brumového napětí. Výstupní stupeň zesilovače je dvojčinný. Vnitřní ochranná zapojení chrání obvod před tepelným přetížením, vnitřní omezení střídavého výstupního proudu slouží k ochraně výstupu před zkratem (nikoli však galvanickým zkratem).

Pro porovnání je současně popsán výkonový operační zesilovač L165V z výroby italského výrobce integrovaných obvodů SGS-Thomson (dříve známé firmy SGS-Ates) v Agrate. Tento typ obvodu slouží jako předloha vývoje součástek RFT a používá se v mnoha přístrojích provozovaných u nás.

Všechny tři výkonové operační zesilovače jsou vhodné pro konstrukci řídicích přístrojů



Obr. 20. Funkční skupinové zapojení výkonových operačních zesilovačů B165H, B165V, L165V

pro řízení rychlosti otáčení elektromotorů, spínání elektromagnetů nebo obecně indukčních zátěží, pro řízení proudové zdroje a v neposlední řadě též jako nízkofrekvenční zesilovač výkonu.

Popsané operační zesilovače jsou v plastovém pouzdru TO-220 s pěti páskovými vývody. Vývody zesilovačů B165H jsou tvarovány tak, aby se obvod mohl použít v horizontální poloze, zesilovače B165V a L165V ve vertikální poloze. Vnější provedení pouzdra a zapojení vývodů je patrné z obr. 19.

Funkce vývodů: 1 – neinvertující vstup, 2 – invertující vstup, 3 – přípoj záporného napájecího napětí, 4 – výstup, 5 – přípoj kladného napájecího napětí.

Jak je patrné z funkčního skupinového zapojení na obr. 20 a vnitřního elektrického zapojení na obr. 21 jsou popisované integrované obvody vybaveny několika ochrannými zapojeními, jejichž hlavním účelem je zajistit práci koncového stupně ve spolehlivé pracovní oblasti. Podobně jako u diskretních výkonových tranzistorů i u tranzistorů koncového stupně tohoto integrovaného obvodu slouží oblast SOAR k vymezení provozu mezi dovolenou hranicí pracovního proudu a určitého použitého napájecího napětí. K tomu přispívá též Zenerova dioda v ochranném zapojení proti zkratu na výstupu, která má průrazné napětí okolo 11 V. Při menším napětí působí budicí proud, limitovaný velikostí 3 mA, na omezení výstupního proudu.

V popisu integrovaného obvodu se dále uvádí, že výkonové operační zesilovače jsou odolné proti zkratu. V tomto případě se musí přihlížet k souvislostem celkového vnitřního zapojení a praktického vnějšího zapojení celého zesilovače. Nemusíme se obávat zničení integrovaného obvodu,

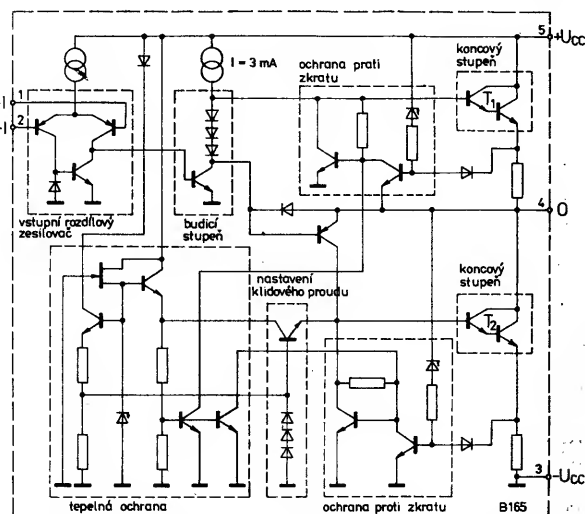
jestliže se bude zesilovač napájet symetrickým napětím a výstup bude zkratován vůči potenciálu země. Zamezit se však musí zkratům výstupu vůči kladnému nebo zápornému napájecímu napětí. V každém případě je nebezpečnější zkrat vůči zápornému napájecímu zdroji. Z výkresu hlavních rozměrů je patrné, že vývod výstupu je umístěn mezi oběma vývody pro přívod napájecího napětí. Proto při pájení integrovaného obvodu na desku s plošnými spoji se musí věnovat velká pozornost tomu, aby nedošlo ke zkratu výstupu na sousední vývod.

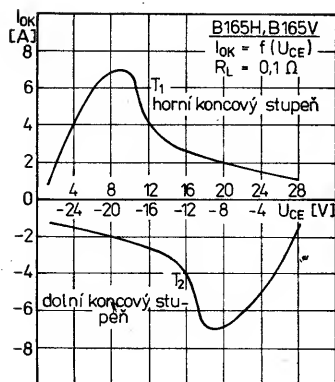
Další ochranná zapojení proti nadměrnému výstupnímu proudu a proti tepelnému přetížení, patrná z obr. 21, jsou v praxi velmi užitečná a zabraňují poškození integrovaného obvodu. Vstupní stupeň operačního zesilovače B165 je diferenční, za ním následuje budicí stupeň, který přímo budí tranzistorové koncové stupně v Darlingtonově zapojení. Vnitřní zapojení doplňují funkční stupně sloužící k nastavení klidového proudu a k proudovému napájení jednotlivých funkčních stupňů.

Pracovní proudy diferenčního zesilovače se dvěma tranzistory p-n-p jsou malé, takže je možné udržet požadované malé vstupní proudy (max. 200 nA). Proudové zrcadlo fázově správně počítá pracovní proudy, ty se pak přivádějí na budicí stupeň. Napětí z budicího stupně řídí galvanickou vazbou přes tři sériově spojené diody, které zmenšují velikost budicího napětí pro horní koncový stupeň. Dolní koncový stupeň je naproti tomu řízen proudovým signálem přes proudové zrcadlo. Navíc je tento koncový stupeň spojen s funkčním zapojením pro nastavení klidového proudu, které určuje velikost klidového proudu obou Darlingtonových tranzistorů v koncových stupních. Kondenzátor 8 pF v budicím stupni určuje kmitočtovou vlastnost operačního zesilovače. Při zesílení větším než 10 je výsledkem poměrně velký fázový skok.

Důležitou funkci vykonává ochranné zapojení proti tepelnému přetížení. K tomu se využívá kladného teplotního součinitele Zenerovy diody v proudovém napájecím stupni, a záporného teplotního součinitele napětí báze-emitor dvou tranzistorů, které slouží jako tepelná čidla. Oba zasahují svými kolektory do obou proudových omezovacích stupňů. Ovlivňování je účinné i při napájecích napětích menších než 11 V, kdy proudové omezení výstupních tranzistorů závisí pouze na proudovém zesílení a na budicím proudu 3 mA. Při napájecím napětí větším než 11 V nebo při vysoké teplotě čipu se v důsledku velkého výstupního proudu odvodí buď větší napětí na rezistorech v emitorových cestách tranzistorů nadproudového ochranného zapojení, nebo zásahem tranzistorů teplotních čidel se zcela

Obr. 21. Vnitřní elektrické zapojení výkonových operačních zesilovačů B165H, B165V





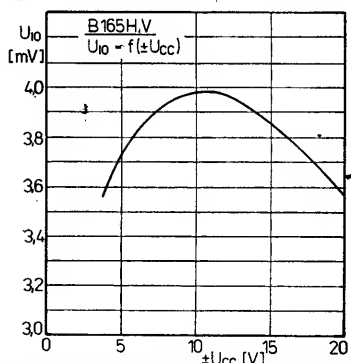
Obr. 22. Činnost proudového omezení výstupního proudu obvodu B165H, B165V

nebo částečně ovlivňuje vstupní proud koncových stupňů, protékající k zemnímu potenciálu integrovaného obvodu. K tomu ještě nutno dodat: Znaky zemního potenciálu se vztahují (viděno z vnějšího pohledu) k zápornému vývodu napájecího napětí. Tyto body leží při symetrickém napájení na úrovni záporného napájecího napětí $-U_{CC}$.

Činnost proudového omezení maximálního výstupního proudu koncových tranzistorů v závislosti na napájecím napětí je patrná z diagramu na obr. 22. Proudové omezení začíná pracovat při napětí okolo 11 V.

Elektrické vlastnosti výkonových operačních zesilovačů B165H, B165V a L165V jsou v tab. 3. Zatím co údaje součástky italského výrobce jsou velmi podrobné, údaje součástek RFT obsahují jen nejzákladnější informace. Porovnáním obou údajů je možné dojít k závěru, že operační zesilovače RFT splní stejně dobře požadované funkce jako výrobky italské s výjimkou rozsahu dovolených pracovních teplot, který je u součástek RFT omezen na rozsah od -25 do $+70$ °C.

Elektrické vlastnosti operačních zesilovačů B165H, B165V, které jsou uvedeny v tab. 3, doplňují důležité grafické závislosti na obr. 23 až 29. Pro výkonové operační



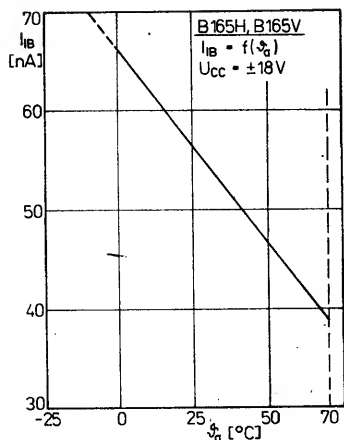
Obr. 23. Závislost vstupní napěťové nesymetrie na napájecím napětí zesilovače B165H, B165V

zesilovače jsou nejdůležitější jejich vstupní vlastnosti, především závislost vstupní napěťové nesymetrie na použitém napájecím napětí ± 18 V, avšak v celém rozsahu dovoleného proudu na pracovní teplotě okolí (obr. 24), která je uváděna při napájecím napětí ± 18 V, avšak v celém rozsahu dovolených pracovních teplot. Na napájecím napětí a pracovní teplotě vlastně závisí příkon operačního zesilovače v klidu, na němž má hlavní podíl vstupní klidový proud.

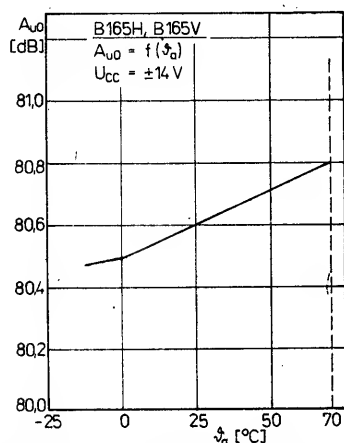
Na obr. 25 je uveden průběh napěťového zesílení operačního zesilovače B165H, B165V v závislosti na pracovní teplotě při napájecím napětí ± 14 V. Následující závislost na obr. 26 ukazuje průběh posuvu

Tab. 3. Elektrické údaje výkonových operačních zesilovačů B165H, B165V, L165V

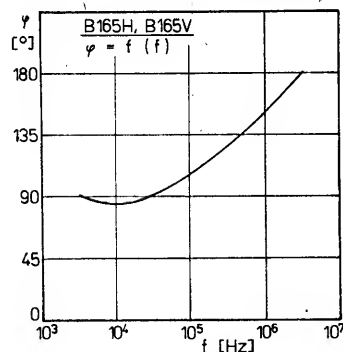
Mezní údaje Platí v celém rozsahu provozních teplot		
	B165H, B165V	L165V
Napájecí napětí [V]	$U_{CC\ 5/3} = 0$ až 36	$\leq \pm 18$
Vstupní napětí vůči zemi [V] neinvertujícího vstupu	$U_{1\ 1/3} = 0$ až $U_{5/3}$	$\leq U_{CC}$
invertujícího vstupu	$U_{1\ 2/3} = 0$ až $U_{5/3}$	$\leq U_{CC}$
Vstupní napětí diferenční [V]	$U_i \leq 30$	$\leq \pm 15$
Výstupní proud vrcholový [A]	$I_{OM} \leq 3,5$	$\leq 3,5$
Výstupní výkon, $\vartheta_c \leq 90$ °C [W]	$P_{tot} \leq 20$	≤ 20
Teplota přechodu [°C]	$\vartheta_j \leq 150$	
Teplotní odpor přechod – okolí [K/W]	$R_{thjc} \leq 3$	≤ 3
Provozní podmínky		
Napájecí napětí $\pm U_{CC}$ [V]	± 6 až ± 18	± 6 až ± 18
Napájecí proud I_{CC} [mA]		40; ≤ 60
Rozsah provozní teploty okolí ϑ_a [°C]	-25 až $+70$	-40 až $+150$
Charakteristické údaje Platí při $\vartheta_a = 25$ °C -5 K, použitý chladič s $R_{th} = 4$ K/W; B165H, B165V: $\pm U_{CC} = \pm 18$ V; L165V: $\pm U_{CC} = \pm 15$ V; není-li uvedeno jinak		
Napájecí proud I_{CC} [mA]	40; ≤ 60	40; ≤ 60
Výstupní napěťová nesymetrie U_{OO} [mV]	5; ≤ 22	
Vstupní napěťová nesymetrie U_{IO} [mV]	5; ≤ 20	2; ≤ 10
Vstupní proudová nesymetrie I_{IO} [nA]	20; ≤ 200	20; ≤ 200
Vstupní klidový proud I_{IB} [nA]	200; $\leq 1\ 000$	200; $\leq 1\ 000$
Napěťové zesílení otevřené smyčky A_{uo} [dB] $U_{CC} = \pm 14$ V, $R_L = \infty$; $f = 1$ kHz	90; ≥ 76	80
Potlačení bruchivého napětí SVR [dB] $f_{br} = 100$ Hz (sinus), $U_{br\ ef} = 0,5$ V $R_G = 22$ k Ω , $\pm 5\%$ $U_{CC} = 28$ V, $R_L = 4$ Ω $R_G = 22$ k Ω , $A_u = 10$ $R_G = 22$ k Ω , $A_u = 100$	50; ≥ 40	60 40
Potlačení soufázovosti CMR [dB] $R_G \leq 10$ k Ω , $A_u = 30$ dB	70; ≥ 56	70
Vstupní odpor R_i [k Ω], $f = 1$ kHz		500; ≥ 100
Vstupní šumové napětí U_{in} [μ V] $B = 10$ až 10 000 Hz		2,0
Vstupní šumový proud I_{in} [pA] $B = 10$ až 10 000 Hz		100
Rozkmit výstupního napětí $U_{O\ MM}$ [V] $f = 1$ kHz, $I_O = 0,3$ A $f = 1$ kHz, $I_O = 3$ A $f = 10$ kHz, $I_O = 0,3$ A $f = 10$ kHz, $I_O = 3$ A		27 24 27 23
Rychlost přeběhu SR [V/ μ s] $A_u = 10$ $A_u = 1$		8 6
Účinnost jako nf zesilovač [%] $f = 1$ kHz, $R_L = 4$ Ω ; $I_O = 1,6$ A, $P_O = 5$ W $I_O = 3$ A, $P_O = 18$ W		70 60
Začátek činnosti tepelné pojistky při teplotě pouzdra [°C] $P_{tot} = 12$ W $P_{tot} = 6$ W		110 130



Obr. 24. Závislost vstupního klidového proudu na teplotě okolí zesilovače B165H, B165V



Obr. 25. Závislost napětového zesílení zesilovače B165H, B165V na teplotě okolí



Obr. 26. Posuv fáze zesíleného signálu operačního zesilovače B165H, B165V na provozním kmitočtu

fáze zesíleného signálu operačním zesilovačem v závislosti na provozním kmitočtu. Pro použití výkonových operačních zesilovačů je velmi důležitá informace o průběhu výstupního napětí v závislosti na odebraném výstupním proudu na obr. 27, kde jsou tyto průběhy uvedeny při napájecím napětí ± 14 V a ± 18 V. Z uvedených křivek vidíme, že výstupní napětí není úplně symetrické. Mezi kladným a záporným výstupním napětím je rozdíl asi 0,2 až 0,3 V ve prospěch záporného napětí. Průběhy platí při teplotě okolí 25°C a při provozu operačního zesilovače s chladičem s teplotním odporem 4 K/W .

Podstatné jsou rovněž grafické závislosti spotřeby napájecího proudu na napájecím napětí (obr. 28) a na teplotě okolí při napájecím napětí ± 18 V (obr. 29). Jejich znalost usnadní vhodnou konstrukci zdroje použití výkonového operačního zesilovače.

Doporučení k použití

Výstup integrovaného obvodu je nezbytné ve všech zapojeních s integrovaným obvodem B165 chránit před napětovými špičkami dvěma co nejrychlejšími křemíkovými diodami, např. TESLA KY261, RFT SY345K/0.5 (v nouzi alespoň diodami KY132/150). Krátkodobě působící indukční napětové špičky jsou velmi nebezpečné zvláště při napájecích napětích, která se přibližují mezímu dovolenému napětí.

Výstup obvodu (vývod 4) se musí chránit před přímým galvanickým zkratem jak vůči zápornému (vývod 3), tak kladnému (vývod 5) napájecímu vývodu. Zkrat mezi vývody může integrovaný obvod zničit, neboť IO nemá žádnou ochranu výstupu proti přímému (stejnoseměrnému) zkratu. Vestavěné ochranné zapojení chrání obvod pouze proti zkratu střídavým proudem. To znamená, že ochranné zapojení začíná pracovat teprve od napětí kolektor-emitor nejméně 11 V příslušných výstupních tranzistorů.

Při napětovém zesílení větším než 10 dB se doporučuje použít člen RC mezi invertujícím vstupem a zemí. Zabrání se tím vzniku nežádoucího rozkmitání zesilovače.

Velkou pozornost vyžaduje nutnost dodržet dobrý tepelný přechod mezi integrovaným obvodem a chladičím tělesem. Zlepšit jej může tepelně vodivá silikonová vazelína. Přítlak součástky k chladičím tělesu zlepšit a zabezpečit třmen nebo přítlačná pružina.

Desky s plošnými spoji musí být navrženy tak, aby přívody napájecího napětí, zemního potenciálu a zátěže měly co nejmenší impedanci. Boucherotův člen (kondenzátor 220 nF a rezistor $1\ \Omega$) připojený mezi vývod 4 (výstup) a zem má být umístěn co nejbližší k výstupu integrovaného obvodu. V žádném případě se nesmí Boucherotův člen připojovat k výstupu až za vazebním elektrolytickým kondenzátorem.

Přívody napájecího napětí kladného i záporného se musí blokovat paralelně zapojeným elektrolytickým kondenzátorem $100\ \mu\text{F}$ a kvalitním svítkovým kondenzátorem 100 nF .

Vstupní zem se má připojovat v místě, kde se spojují tři vývody výkonové země (kolektor, zatěžovací odpor a záporného napájecího napětí). Vyhlašovaci kondenzátor děliče středního napětí při provozu s jedním napájecím napětím (nesymetrické napájení) se má připojit rovněž do uvedeného bodu, čímž se zamezí vazbě přídavného rušivého napětí do vstupu.

K popsaným ochranným zapojením se musí přistupovat tak, že jsou určeny výlučně k ochraně integrovaného obvodu a neslouží k tomu, aby se na jiných místech ušetřily součástky při návrhu zesilovače.

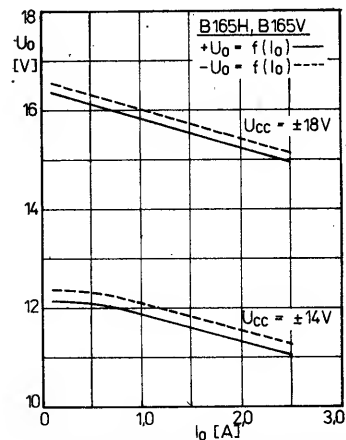
Příklady zapojení

Základní zapojení neinvertujícího operačního zesilovače s obvodem B165 je na obr. 30. K výstupu zesilovače je připojen Boucherotův člen – kondenzátor 220 nF , sériově spojený s rezistorem $1\ \Omega$. V závislosti na vlastnostech vnějšího členu R3C1, který je připojen mezi invertující vstup a zem při nastaveném zisku max. 10 dB , vyžaduje integrovaný obvod B165 pro spolehlivou funkci pouze dva obvyklé zpětnovazební rezistory R1 a R2. Zesílení neinvertujícího zesilovače je pak dáno vztahem

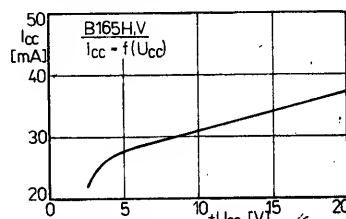
$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Zapojení invertujícího zesilovače s obvodem B165 je na obr. 31. Podobně jako v předchozím případě je jeho zesílení dáno vztahem

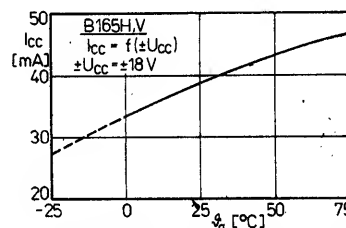
$$A_{ui} = \frac{U_o}{U_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$



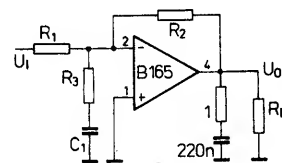
Obr. 27. Výstupní napětí operačního zesilovače B165H, B165V v závislosti na výstupním proudu při napájecím napětí $\pm 14\text{ V}$ a $\pm 18\text{ V}$; plná čára kladné výstupní napětí, čárkovaná čára záporné výstupní napětí



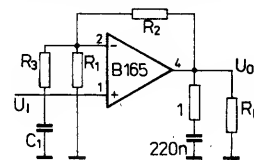
Obr. 28. Spotřeba napájecího proudu operačního zesilovače B165H, B165V v závislosti na velikosti napájecího napětí



Obr. 29. Spotřeba napájecího proudu operačního zesilovače B165H, B165V v závislosti na teplotě okolí při napájecím napětí $\pm 18\text{ V}$



Obr. 30. Integrovaný obvod B165 v zapojení jako neinvertující zesilovač



Obr. 31. Integrovaný obvod B165 v zapojení jako invertující zesilovač

Nebezpečí rozkmitání zesilovače při zesíleních menších než 10 dB a při provozu na kmitočtech vyšších než 10 kHz se předejde vhodnou úpravou členu R3C1. V zapojení neinvertujícího zesilovače se tento člen vypočte podle

$$R_3 = \frac{R_2}{2 - R_2/R_1}$$

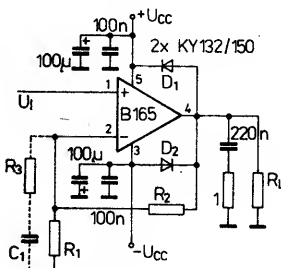
$$C_1 = \frac{15 \cdot 10^{-6}}{R_3}$$

U invertujícího zesilovače lze použít upravený vztah

$$R_{3I} = \frac{R_2}{3 - R_2/R_1}$$

$$C_{1I} = C_1$$

Jak již bylo uvedeno, stabilní provoz integrovaného výkonového operačního zesilovače vyžaduje blokovat obě napájecí napětí kvalitními elektrolytickými kondenzátory 100 μ F a paralelním keramickým (v nouzi svitkovým) kondenzátorem 100 nF proti zemi tak, jak je uvedeno v zapojení na obr. 32. Kapacitu kondenzátoru 100 nF lze

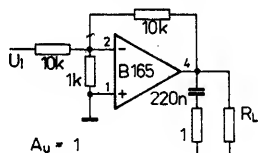


Obr. 32. Základní doporučení zapojení obvodu B165 jako neinvertujícího zesilovače; v zapojení jsou zakresleny blokovací kondenzátory v obou větvích napájecího napětí, které se musí použít v každém zapojení s obvodem B165

zvětšit až na 220 nF. Použití velmi kvalitních kondenzátorů se vždy vyplatí. Uvedený způsob blokování se musí použít ve všech dále popisovaných zapojeních, kde je blokování pro zjednodušení vypuštěno.

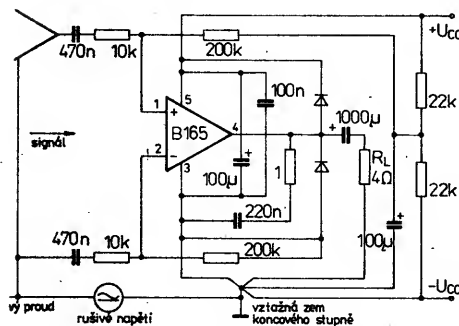
Pokud je nutné dále zmenšit vstupní klidový proud I_B operačního zesilovače, může se do obvodu invertujícího vstupu zapojit sériový rezistor R4. Jeho odpor je pro optimální nastavení dán poměrem odporů rezistorů $R_1 : R_2$.

Praktické, velmi často používané zapojení výkonového operačního zesilovače B165 se zesilením rovným 1, je na obr. 33. Protože



Obr. 33. Integrovaný obvod B165 jako výkonový operační zesilovač se zesilením 1

k řízení velkého výkonu zesilovače je zapotřebí pouze malý vstupní signál, mohou se v provozu vyskytnout různé nežádoucí rušivé vlivy, kterým se musí věnovat velká pozornost. Výrobce integrovaného obvodu doporučuje používat nesymetrické napájení a vyhledávat nejvhodnější zemnicí body. Jako příklad poslouží zapojení na obr. 34.



Obr. 34. Návrh nejvhodnějšího výběru zemnicích bodů neinvertujícího operačního zesilovače s obvodem B165 a nesymetrickým napájecím napětím

Jednou z nejdůležitějších zásad je správně volit místo připojení Boucherotova členu na zemní potenciál: co nejbližší k vývodu 3 (přívod záporného napájecího napětí). Nedoporučuje se jej připojovat do stejného zemnicího bodu, do něhož se připojuje zatěžovací odpor. Elektrolytický blokovací kondenzátor napájecího napětí 100 μ F a paralelní kondenzátor 100 nF se musí připojit těsně k vývodu z integrovaného obvodu, druhým pólem do zemnicího bodu Boucherotova členu. Všechny přívody k integrovanému obvodu, které vedou poměrně velký napájecí a výstupní proud, musí mít co nejmenší impedanci (proto se blokují kondenzátorem 100 nF proti zemi).

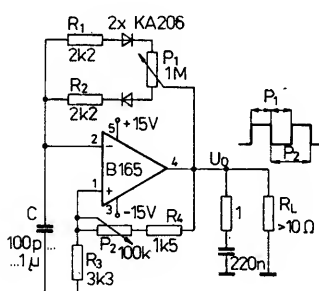
I při nesymetrickém napájení se musí integrovaný obvod B165 chránit před indukčními napětovými špičkami, které se převážně dostávají na obvod z napájecího zdroje a rozvodu. K ochraně se musí použít dvě rychlé křemíkové diody s dostatečnou proudovou zatížitelností (nejméně 1 až 2 A). Diody se připojují z výstupu v závěrném směru vůči oběma napájecím napětím.

Problémy může způsobit bod zemnicího připoje vstupu zesilovacího zapojení. Nežádoucí rušivé vnikající signály se uplatní nejmeně, budou-li stejnou měrou působit na invertující i neinvertující vstupu jako poměrně málo účinné souřadové napětí. Návrh vhodného uspořádání vstupního zapojení výkonového operačního zesilovače, u něhož se předpokládá, že bude pracovat v těžkých provozních podmínkách se silným rušivým signálem, je na obr. 34.

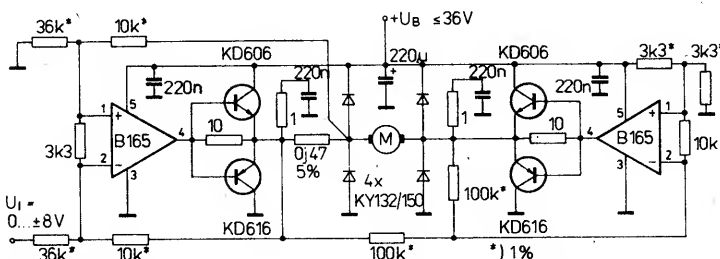
Pro praktické využití výkonových operačních zesilovačů je velmi důležitý údaj o maximální rychlosti přeběhu výstupního napětí. Jeho význam je nutný při řízení operačního zesilovače sinusovými a skokovými signály. Pro případ aperiodického zákmitu se může k výpočtu šířky pásma s velkým signálem použít vztah

$$f = \frac{S}{2\pi U}$$

S běžnými operačními zesilovači a diskretními součástkami není snadné řešit zapojení nízkofrekvenčních výkonových impulsních generátorů. Naopak jednoduchá je konstrukce generátoru pravoúhlých impulsů při využití výkonového zesilovače B165 v zapojení podle obr. 35, u jehož výstupních



Obr. 35. Výkonový generátor pravoúhlých impulsů s obvodem B165

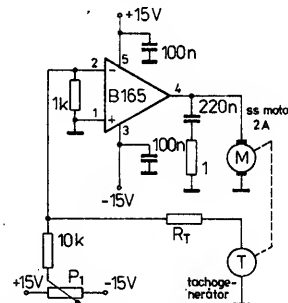


Obr. 38. Řídicí zapojení se dvěma obvody B165, rozšíření o dvě dvojice komplementárních výkonových tranzistorů pro obousměrné řízení rychlosti otáčení stejnosměrných motorů s proudem větším než 3,5 A

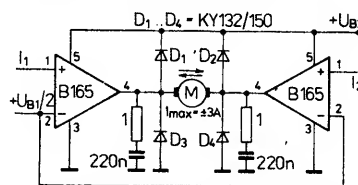
impulsů se může plynule nastavovat délka a klíčovací poměr. Zatěžovací odpor generátoru musí být větší než 10 Ω . Protože odpadá omezení vnitřních ochranných tranzistorů s otevřeným kolektorem v důsledku neomezeně nastavitelného vstupního diferenčního napětí, může se kmitočet generátoru nastavovat v širokém rozsahu (např. 1 : 15 až 1 : 20) potenciometrem P2 v neinvertujícím vstupu. Na pracovním odporu generátoru, který se může zmenšit až na 10 Ω , je možné odebírat plné výstupní napětí ± 12 V při napájecím napětí ± 15 V. Délka impulsu se řídí potenciometrem P1. Další předností tohoto jednoduchého generátoru impulsů je malý potřebný počet vnějších součástek a malá plocha potřebné desky s plošnými spoji. Regulační potenciometry se k desce připojují lankovými vodiči.

Výkonové operační zesilovače se ponejvíce používají mimo běžnou nf techniku ve spínacích a řídicích zapojeních pro řízení svitu žárovek, chodu motorků, výkonových rozhraní, proudových a napětových zdrojů apod. V regulační technice a dálkovém ovládání potřebné řízení změny směru otáčení motorů lze jednoduše konstruovat pomocí operačního zesilovače B165 v zapojení podle obr. 36. Řídicí zapojení pracuje jako invertující zesilovač. Ve výstupním obvodu zesilovače je jako pracovní odpor zapojen stejnosměrný motorek s proudem do 2 A, který je spřažen s tachogenerátorem. Změna směru otáčení motoru se řídí potenciometrem P1, který slouží jako dělič napětí pro invertující vstup.

Obousměrné řízení otáčení stejnosměrného motoru s proudem maximálně ± 3 A vyžaduje zapojit dva obvody B165 podle obr. 37. Zvláštností zapojení je jeho vstup, který je slučitelný s logikou TTL, CMOS



Obr. 36. Výkonový operační zesilovač B165 v zapojení pro obousměrné řízení rychlosti otáčení stejnosměrného motoru

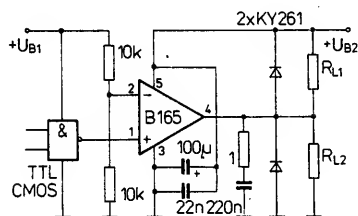


Obr. 37. Řídicí zapojení se dvěma obvody B165 pro obousměrné řízení rychlosti otáčení stejnosměrných motorů s proudem do 3 A

a mikroprocesory. Proto je vhodné pro programované řízení jednočipovým procesorem. Oba operační zesilovače pracují jako neinverující zesilovače se zátěží připojenou mezi výstupy obou obvodů. Zapojení se napájí kladným nesymetrickým napětím. Na invertující vstupy obou zesilovačů se přivádí poloviční napájecí napětí řídicí logiky $+U_{B1}$. Podmínkou je, aby napájecí napětí $+U_{B2}$ bylo větší než napájecí napětí logiky $+U_{B1}$. Vstupy I_1 a I_2 jsou logické vstupy, na které se přivádějí řídicí signály.

K řízení otáčení větších stejnosměrných motorů s proudem větším než 3,5 A je určeno upravené předchozí zapojení, rozšířené o dvě dvojice diskretních komplementárních výkonových tranzistorů ve výstupech obou operačních zesilovačů B165 podle obr. 38. Vstupním řídicím napětím 0 až +8 V, přiváděným na invertující vstupy obou zesilovačů, se řídí směr a rychlost otáčení kolektoru motoru. Řídicí zapojení se napájí kladným asymetrickým napětím, které nesmí přesáhnout 36 V. S ohledem na spolehlivý provoz se doporučuje napájecí napětí okolo 30 V, které musí být přiváděno z dostatečně tvrdého zdroje. Použitý napájecí zdroj má mít proto co nejmenší vnitřní odpor. Úroveň vstupního řídicího napětí je volena tak, aby řídicí zapojení mohlo spolupracovat s číslicově analogovým převodníkem TTL.

Výkonová rozhraní s výkonovým operačním zesilovačem B165 podle obr. 39 mohou bez problémů zpracovávat signály všech

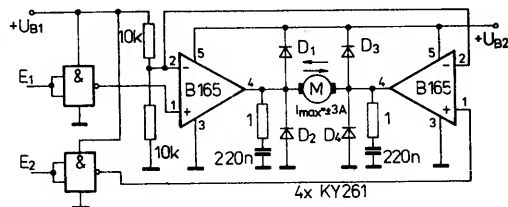


Obr. 39. Výkonové rozhraní mezi číslicovou logikou a analogovou částí, kterou tvoří výkonový operační zesilovač B165

běžných druhů používaných logik. Samo spínání žárovek, které v běžných zapojeních vyvolává mnoho problémů ve spojení s použitými diskretními polovodičovými součástkami, je u tohoto zapojení zcela jednoduché. Důvodem jsou zavedené vnitřní ochranná zapojení v obvodu B165, která zajišťují spolehlivou funkci a nevyžadují další přídavná opatření. Rozhraní pracuje jako neinverující zesilovač. Napájení se jedním kladným napětím. Neinverující vstup je připojen k výstupu logického členu NAND logiky TTL, CMOS nebo jiné.

V důsledku širokého dovoleného rozsahu vstupního napětí se může operační zesilovač B165 připojit ke kladné číslicové logice. Napájení invertujícího vstupu polovičním napájecím napětím logiky nastavuje vstup přesně do bodu přepínání. Výstup logiky TTL např. spíná zesilovač právě při napětí 2,5 V, logiky CMOS 15 V při napětí 7,5 V. Jiné dělicí poměry dovolují přizpůsobit vstup rozhraní na jinou úroveň potřebné logiky. Zvlášť zajímavá je přitom možnost spínat žárovky výstupním proudem teprve až od vstupního napětí nad 12 V (do 12 V působí omezení). Samozřejmě to platí o zátěži mezi výstupem a kladným napájecím napětím. Jinak obvyklý způsob omezení proudu při studeném vlákně žárovky přejímá vnitřní ochrana obvodu B165. Integrovaný obvod se musí opatřit příslušným chladičem s dobrým odvodem tepla. Pokud bude odvod tepla nedostatečný, tepelná ochrana začne pracovat a výstup zesilovače se uzavře.

Obr. 40. Návrh číslicového rozhraní pro řídicí obvod k řízení směru a rychlosti otáčení stejnosměrných motorů s proudem do 3 A

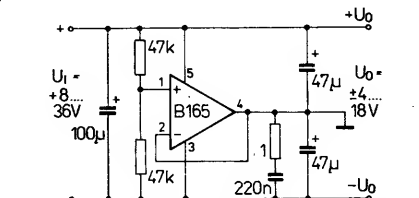


Další zapojení k obousměrnému řízení otáčení stejnosměrných motorů podle obr. 40 je rozšířeno o dva logické členy NAND logiky TTL nebo CMOS. Neinverující vstupy operačních zesilovačů jsou připojeny k výstupům logických členů. Řídicí napětí E_1 a E_2 logiky se přivádějí na vstupy logických členů. Nepoužité vstupy se musí spojit s kladným napájecím napětím nebo se zemním potenciálem. Funkce řídicího obvodu je dána napětovou úrovní přiváděných signálů na vstupy podle následující funkční tabulky.

E_1	E_2	funkce řídicího zapojení
L	L	klidový stav
L	H	otáčky doprava
H	L	otáčky doleva
H	H	klidový stav

Popsané zapojení spolehlivě pracuje i při velkých náběhových proudech motorů. Protože je zapojení vybaveno ochrannými součástkami proti indukčním špičkovým spínacím napětím, může pracovat s běžnými servomotory.

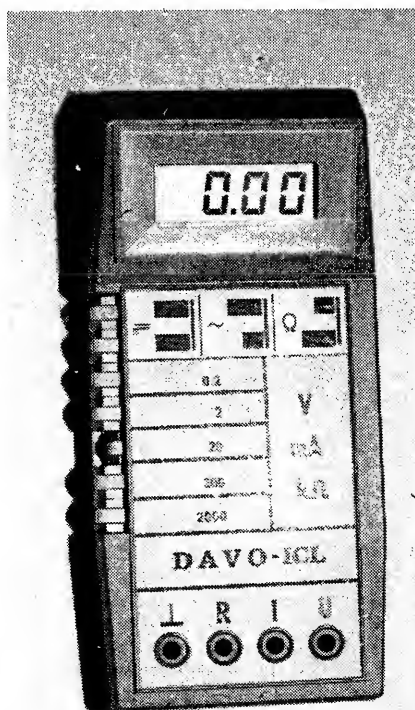
Velkou úsporu diskretních součástek, ke které přispívá použití výkonového operačního zesilovače B165, je možné prokázat rovněž na příkladu symetrizačního zapojení nesymetrického napájecího napětí pro na-



Obr. 41. Zapojení operačního výkonového zesilovače B165 pro symetrizaci nesymetrického vstupního napětí pro napájení operačních zesilovačů

pájení operačních zesilovačů podle obr. 41. Na invertující vstup se přivádí z odporového děliče polovina vstupního napětí, které může být v rozsahu od +8 V do +36 V. Operační zesilovač pracuje jako neinverující zesilovač. Invertující vstup je spojen s výstupem, ke kterému je připojen též Boucherotův člen. Výstup operačního zesilovače přitom tvoří plovoucí zem symetrického zdroje výstupního napětí. Kladné i záporné výstupní napětí, které má poloviční velikost vstupního napětí (tedy ± 4 V až ± 18 V), vyhlazují elektrolytické kondenzátory 47 μ F. Nevýhodou zapojení je nutnost odizolovat zdroj od ostatních částí přístroje (s výjimkou plovoucí země), v němž bude pracovat. Zdroj není jen velmi jednoduchý, ale je vybaven úplnou ochranou proti tepelnému přetížení a zkratu, takže poskytuje větší komfort a větší provozní spolehlivost.

UNIVERZÁLNÍ MĚŘICÍ PŘÍSTROJ S OBVODEM MHB 7106 (dokončení ze str. 61)



Obr. 6. Pohled na hotový přístroj

Oživení a nastavení přístroje

Oživení a nastavení přístroje je, pokud použijeme dobré součástky a neuděláme-li v zapojení chybu, snadné. Potřebujeme k tomu pouze přesný voltmetr, kterým nastavíme na běžici odporového trimru 680 Ω přesně 100 mV. Po nastavení tohoto napětí připojíme na zdířku U střídavé napětí o kmitočtu 50 Hz známé velikosti a odporovým trimrem R23 nastavíme toto napětí na displeji. Nastavením R45 tak, aby šipka na displeji se objevovala při poklesu napájecího napětí asi na 7,5 V a jeho nahrazením neproměnným rezistorem je nastavování ukončeno. Po vyzkoušení funkce akustické zkušebníčky je přístroj připraven k použití.

Závěr

Cílem tohoto článku je poskytnout sta-vební návod na univerzální měřicí přístroj, který je poměrně snadno sestavitelný. Jsme si však vědomi toho, že některé ze součástek nejsou běžně dostupné. Nemají-li se však zhoršit uvedené parametry přístroje, je použití kvalitních součástek nezbytné.

Závěrem bychom ještě chtěli upozornit, že nejvyšší napětový rozsah je sice 2000 V, avšak napětí této velikosti nelze daným přístrojem v žádném případě měřit vzhledem k jeho izolačnímu stavu.